ఇ.సెదొవ్

ఎలక్ట్రానిక్స్ వినోదకర విశేషాలు

ఎలక్ట్రానిక్స్
వినోదకర విశేషాలు

Е. СЕДОВ

ЗАНИМАТЕЛЬНО ОБ ЭЛЕКТРОНИКЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ»
МОСКВА

ఇ.సెదొవ్

ఎలక్ట్రానిక్స్ వినోదకర విశేషాలు

"మీర్" ప్రచురణాలయం మాస్కో

రష్యను నుంచి అనువాదం
డాక్టర్ నిడమర్తి మల్లికార్జునరావు

E. Sedov
Entertaining Electronics

సోవియట్ యూనియన్‌లో ముద్రించబడింది

На языке телугу

ISBN 5 03-000308-8

విషయసూచిక

దేని గురించి ఈ పుస్తకం? రేడియో గురించా? రాడార్ గురించా? టెలివిజన్ గురించా? కంప్యూటర్ల గురించా?

కాని పైన చెప్పుతున్న ప్రతి విషయం మీద ప్రత్యేకించి ఒక పుస్తకాన్ని రాయచ్చు. అంతేకాకుండా అలాంటి పుస్తకాలు ఇప్పటికే ఉన్నాయి కూడాను. వీటిలో వ్యక్తుల స్థాయి, అభిరుచులకు తగినట్లుగా వివరంగా రాయబడినవి, సుబోధకమైనవి, పెద్దవి చిన్నవి, ప్రారంభ దశలో ఉన్నవారి కోసం, విద్యార్థుల కోసం రాయబడినవి, శాస్త్ర వేత్తల కోసం, ఇంజనీర్ల కోసం రాయబడినవి అలా ఎన్నో వున్నాయి. రాడారూ, టెలివిజనూ, రేడియో కమ్యూనికేషన్లలోనూ కంప్యూటర్లలోనూ మాత్రమే కాకుండా ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు ఇంకా ఎన్నో రంగాలలో ఉపయోగపడుతున్నాయి. ఉదాహరణకి, ఎంతో దూరాన్నుంచి కంట్రోలు చేయడంలోనూ సమాచారాన్ని సేకరించడంలోనూ, అణువులని, పరమాణువులని, కేంద్రకాలని రేడియో ఖగోళశాస్త్రాన్ని అధ్యయనం చేయడంలోనూ ఉపయోగపడుతున్నాయి. అలాగే ఆధునిక జీవశాస్త్రం, వైద్యశాస్త్రాల లోనూ, లోహకార పరిశ్రమలలో ఎలక్ట్రానిక్ సాంకేతిక పద్ధతులలోనూ, అర్ధ వాహకాల సహాయంతో ఉష్ణ శక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చడంలోనూ కూడా ఇవి ఉపయోగ పడుతున్నాయి.

ఇదంతా కూడా ఎలక్ట్రానిక్సే. ఎందుకంటే, సాంకేతిక విజ్ఞానానికి సంబంధించిన అన్ని రంగాల్లోనూ ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల అవసరం ఉంటుంది. ఈ పరికరాల్లో అలసట అంటూ లేకుండా, నిరంతరం చలిస్తూ, సేవచేయడానికి ఎప్పుడూ తయారుగా వుండే కష్టజీవిగా ఎలక్ట్రాన్ పనిచేస్తూంటుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్ గూర్చి పూర్తి సమాచారాన్ని ఒక్క పుస్తకంలో ఇవ్వడం సాధ్యపడుతుందా? అందులోనూ పాఠకుడు ఈ పుస్తకం చదివి ప్రపంచంలోని ఎన్నో విషయాలని గమనించడమే కాకుండా (ఎన్నో విషయాల గురించి బహుశా ఈ పుస్తకం చదవకుండానే తెలుసుకుని ఉండవచ్చు), ఎన్నో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల నిర్మాణం, పనితీరులను గురించి

అర్థంచేసుకుని, ఈ పద్ధతుల, భావాలలోని ప్రధానమైన విషయాన్ని ఆకళింపు చేసుకునేలా చేయడం సాధ్యమా?

ఇంజనీరింగు రంగాలన్నిటికీ వ్యాపిస్తూ, వాటిలో బాగా వేళ్ళు నాటుకుని వాడు కలో వున్న ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి ఒక్క పుస్తకంలో రాయడం సులువైన పనేమీ కాదని ఒప్పుకోవాలి.

అందుకనే ఏ విషయాల, ప్రక్రియల గురించి, ఎలక్ట్రానిక్స్ ఉపయోగపడే రం గాల గురించీ చెప్పకుండా ముందుకు సాగడం సాధ్యపడదో వాటిని మాత్రమే ఎంచుకుని రాయాల్సివచ్చింది. ఎలక్ట్రానుల ప్రవర్తనని వర్ణించడానికి సమీకరణాల, గ్రాఫుల, ఫార్ము లాల భాష బదులు అందరికీ అర్థమయే భాషని వాడటం జరిగింది. కాని ఈ పుస్తక రచయిత, సంపాదకులు ఈ దిశలో ఎంత శ్రమించినా కొన్ని ప్రత్యేక సంగ్రహ గ్రంథాలూ, వ్యాసాల్లో ఉండే కొన్ని ఫార్ములాలూ, గ్రాఫులూ మా పుస్తకంలో దొర్లకపోలేదు. అయితే, వాటి గురించి తేలిగ్గా అర్థమయేలా చెప్పడానికి సహజంగానే అన్ని ప్రయత్నాలూ జరిగాయి. అలా చేయడానికి సుదీర్ఘమైన చర్చలను జరపడమో, వాటికి సరిపడే ఉదా హరణలను రోజువారీ జీవితంలో వెతకడమో చేయాల్సి వచ్చింది. కానైతే సమీకరణాలూ, గ్రాఫులూ లేకుండా ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి తెలుసుకుందామనుకునేవారు మేము పైన చెప్పినదంతా మా తప్పుని కప్పిపుచ్చుకోడానికి చేసిన ప్రయత్నంగా భావించవచ్చు.

అవే లేకుండా వుంటే పుస్తకం మరీ చప్పగా ఉండేదేమో! ఎందుకంటే గ్రాఫులూ సమీకరణాల భాష ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ప్రత్యేకించి అవసరం. వాటిని గురించి రాయకుండా వదిలేయడం భావ్యం కాదు. భాష తెలియకుండా ఆ భాషలో మాట్లాడే ప్రజల ఆచారాల గురించి, సంస్కృతి గురించి తెలుసుకోవడం అసాధ్యమనే విషయం అందరికీ తెలిసిన విషయమే.

ఈ పుస్తక కూర్పు కొంచెం అసాధారణంగా ఉందనే చెప్పాలి. ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ముఖ్యమైన విషయాలని అర్థం చేసుకోడానికి అత్యవసరమైన భావాలని ఈ పుస్తకంలో చిత్రాల రూపంలోనూ, ''ఇదీ మూలాంశం'' అనే సాధారణ శీర్షిక రూపంలోనూ పొందుపరిచాం. ఆ భావాల పుట్టుక గురించి, మూలకాల, సాధనాల ఆవిష్కరణల గురించి, దేన్నుంచి ఏది వచ్చింది, ఫలితంగా ఏ ఆవిష్కరణ జరిగింది అనే విషయాల గురించి చెప్పే చిన్న కథలని ఆ భాగాలలో పొందుపరిచాం. ఆ విధమైన ఈ పుస్తక స్వరూపం మొట్టమొదటి సారిగా ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి తెలుసుకుంటున్న పాఠకుడికి ప్రాథమిక విషయాలు తేలిగ్గా అర్థంకావడంలోనూ, అలాగే ఆధునిక శాస్త్ర, సాంకే తిక రంగాలలో ఒక స్వతంత్ర శాఖగా ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి చక్కటి అవగాహన ఏర్ప డటంలోనూ సహాయపడుతుందని మేం ఆశిస్తున్నాం.

ఈ శాఖకి ప్రత్యేకమైన తర్కం వుంది. ఎన్నో ప్రాయోగిక అనువర్తనాలకీ, పద్ధతులకీ, భావాలకీ అది మూలాధారంగా ఉంది.

'ఎలక్ట్రానిక్స్' అనే పదంలోనే ఎంతో గూఢార్థం ఇమిడివుంది. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రాన్ లేకపోతే ఏ ఎలక్ట్రానిక్ సాధనమూ ఉండదు. అందుకనే ఎలక్ట్రాన్‌తో మనం ఈ పుస్తకాన్ని ప్రారంభిద్దాం.

ప్రకరణం 1

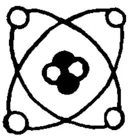
ఎలక్ట్రానులు, ఎలక్ట్రానిక్స్

ఈ ప్రకరణంలో పాఠకుడు ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరణకి సంబంధించిన చరిత్రని తెలుసుకుంటాడు. అలాగే ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధికి తొలి ఊపునిచ్చిన కొన్ని ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో ప్రధాన అంశంగా ఎలక్ట్రానే ఎందుకు ఉండాల్సి వచ్చిందో కూడా తెలుసుకుంటాడు.

పరమాణువును విడిచిపెట్టిన ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛని పొందుతుంది

ఇదీ మూలాంశం

1. 1



ఆధునిక విజ్ఞానశాస్త్రం, సాంకేతిక శాస్త్రాలు నిర్మించిన ఎలక్ట్రానిక్స్ అనే మహా భవంతికి మూలం, ఒక చిన్న కణం. దీన్నే ఎలక్ట్రాన్ అంటారు.

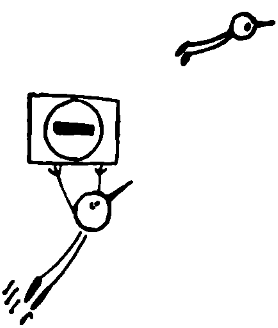
అన్ని పదార్థాల పరమాణువుల్లోనూ ఎలక్ట్రానులు ఉంటాయనీ, అవి నిర్దిష్టమైన కక్ష్యలలో కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతూంటాయనీ పాఠకుడికి తెలిసే ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎంత చురుకైనవంటే అవి కేంద్రకం చుట్టూ ఒక సెకనులో ఐదువందల ట్రిలియన్ల సార్ల దాకా పరిభ్రమిస్తాయి.

1. 2

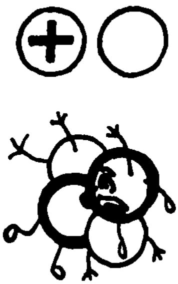
ఎలక్ట్రాన్‌ని ఎప్పుడూ ఎవరూ చూడలేదు. దాని వ్యాసార్థం ఒక మిల్లీమీటరులో 400 000 000 000 వంతులు తక్కువగా ఉంటుంది. ఈరోజున మనకి తెలిసిన సూక్ష్మదర్శినిల్లో అత్యంత ఆధునికమైన దానితో కూడా ఎలక్ట్రాన్‌ని చూడలేము. ఒక గ్రాము బిళ్ల ద్రవ్యరాశి కంటే ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి 1000 000 000 000 000 000 000 000 000 వంతులు తక్కువగా ఉంటుంది. సహజంగానే అణువంటి కణాన్ని త్రాసుతో తూచడం సాధ్యపడదు.

1. 3



ఎలక్ట్రాన్ ఉందో లేదో కనుక్కునే పద్ధతి వేరే ఉంది. ఎలక్ట్రాన్‌కి ప్రత్యేకమైన "విజిటింగ్ కార్డ్" ఉంది. ఎలక్ట్రాన్ తనలో అతి స్వల్ప పరిమాణంలో విద్యుత్తుని అంటే దాదాపు $1\cdot6\times10^{-19}$ కూలామ్‌ల ఋణావేశాన్ని కలిగివుంటుంది.

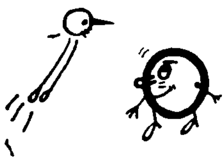
1. 4



ఎలక్ట్రాన్‌లే కాకుండా ప్రతి పరమాణువులోనూ ప్రోటాన్‌లూ, న్యూట్రాన్‌లూ కూడా ఉంటాయి.

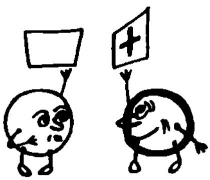
ఈ కణాలు శక్తివంతమైన కేంద్రక క్షేత్రాల ద్వారా ఒకదానితో ఒకటి దగ్గరగా అంటిపెట్టుకుని, బంధించబడి ఏక పరమాణు కేంద్రకంగా రూపొందుతాయి.

1. 5



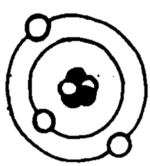
ఎలక్ట్రాన్ పక్కన ప్రోటాన్‌లూ, న్యూట్రాన్‌లూ బ్రహ్మాండమైన పరిమాణంలో ఉన్నట్లు కన్పిస్తాయి. వీటిల్లో ప్రతిదాని ద్రవ్యరాశి ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కంటే దాదాపు 1840 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

1. 6



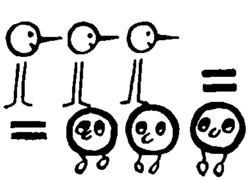
న్యూట్రాన్‌కి ఎటువంటి ఆవేశం ఉండదు. అది తటస్థమైనది (న్యూట్రల్). అందుకనే దీనికి న్యూట్రాన్ అనే పేరు పెట్టారు. పరిమాణం రీత్యా ప్రోటాన్ ఆవేశం ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశానికి సమానంగా ఉంటుంది ($1\cdot6\times10^{-19}$ కూలామ్‌లు). కాని ఈ ఆవేశం ధనాత్మకమై ఉంటుంది.

1. 7

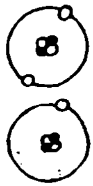


మొత్తంమీద పరమాణువు కూడా ఏ ఆవేశం లేకుండా తటస్థంగానే ఉంటుంది. ఎందుకంటే పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య కేంద్రకంలోని ప్రోటాన్‌ల సంఖ్యకి సమానంగా ఉంటుంది.

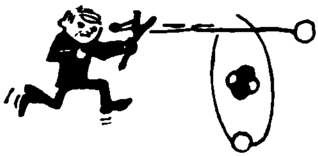
పరమాణువు చుట్టూ ఉండే కక్ష్యలలో ఒకదాంట్లో తిరుగుతూన్న ఎలక్ట్రాన్ – 'ఇది ఒక బంధిత ఎలక్ట్రాన్' అన్నమాట.



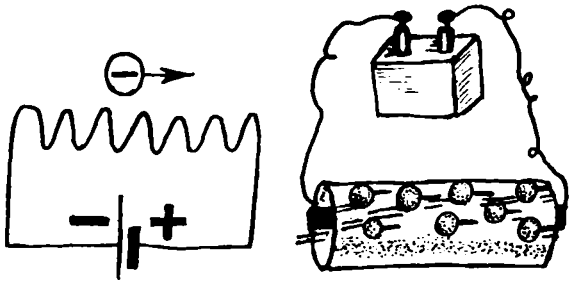
1. 8



చాలా తరచుగా బాహ్య శక్తుల ప్రభావం మూలంగా ఎలక్ట్రాన్‌లు స్వేచ్ఛని పొందుతాయి. అవి పరమాణువు వెలుపలి (బాహ్య) కక్ష్యలలోంచి బయటపడి పరమాణువుతో సంబంధాలని తెంచుకుంటాయి. అప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌ని కోల్పోయిన పరమాణువు ఇంకేమాత్రం తటస్థంగా ఉండలేదు. అది ధనావేశం ఉన్న 'అయాన్'గా మారిపోతుంది.



1. 9



రుణావేశం ఎలక్ట్రాన్‌లని విద్యుత్ జనకం (వోల్టేజి) లోని ధనాత్మక టెర్మినల్‌కి కలపబడి వున్న లోహపు రేకు వైపుకి కదిలేలా చేస్తుంది.

ఎలక్ట్రానే ఎందుకు?

ఒక గ్రామ్ బిళ్ల ద్రవ్యరాశి కంటే 1000 000 000 000 000 000 000 000 000 వంతులు తక్కువ ద్రవ్యరాశి కలిగివున్న ఎలక్ట్రాన్ మన జీవితంలో అంత ప్రాధాన్యతని ఎలా సంపాదించగలిగింది?

ఒక్క 100 సంవత్సరాల క్రితం ఎలక్ట్రాన్ గురించి ఎవరికీ తెలియదు. అయితేనేం, ఈ రోజున ఎలక్ట్రాన్ అన్న మాటని కనీసం వినని వాడు ఒక్కడూ మనకి దొరకడు. అందరూ ఎలక్ట్రాన్ గురించి ఎంతో గౌరవంతో మాట్లాడతారు. ఎలక్ట్రాన్ ప్రధాన అంశంగా ఉండే పుస్తకాలెన్నో రాస్తున్నారు. దీనికి ఎంత రుణావేశం ఉన్నా గుణాలన్నీ మంచిగానే వుండే కథానాయకునిగా దీన్ని వర్ణిస్తున్నారు.

దీనంతటికీ కారణం జీవితపు అన్ని రంగాలలోనూ, శాస్త్ర, సాంకేతిక రంగాలలోనూ ఎంతో ముఖ్యమైన పాత్ర వహిస్తున్న ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో ఎలక్ట్రాన్ ''ప్రధాన అంశం'' కావడమే.

ఈ ''అంశం'' ఎంతో సదుపాయకరమైనదని ఈ క్రింది విషయాలు తెలియజేస్తున్నాయి.

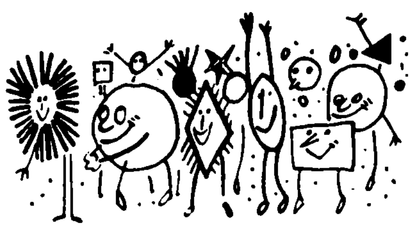
ఒకటి — అది తేలిగ్గా వుండి, చురుకుగా కదులుతూ వుంటుంది; 'అంతరిక్షయుగ' ఆరంభానికి ముందు చాలా కాలం క్రితమే భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు గొట్టంలో చలిస్తూన్న ఎలక్ట్రాన్‌లని పరిశోధిస్తూ వాటి వేగం అంతరిక్ష వేగాలని అందుకునేలా చేశారు.

రెండు — ఈ ''అంశం'' అరిగిపోవడమంటూ ఉండదు: ఇప్పటికింకా ఎలక్ట్రాన్‌ని ధ్వంసం చేయడంగాని, విభజించడంగాని ఎవరికీ సాధ్యపడలేదు.



మూడు — ఈ ''అంశం'' అరుదైనదేమీ కాదు: విద్యుత్ జనకం పూర్తిగా హరించుకుపోయేదాకా, అది ఈ అంశాలని తీగ ద్వారా పంపుతూనే ఉంటుంది. క్లిష్టమైన ఈ ఉత్పాదక కర్మాగారంలో అన్ని డిపార్ట్‌మెంటులూ, యూనిట్లూ ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు కావలనుకుంటే అవి సరిగ్గా అన్నే ఉంటాయి. అంటే ప్రసారిణి (ట్రాన్స్‌మిటర్) లోనో, గ్రాహకం (రిసీవర్)లోనో, లేక ఏదైనా ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం లోనో ఉండే అన్ని భాగాలూ, సర్క్యూట్లలో కావలసినన్ని ఎలక్ట్రానులు ఉంటాయన్నమాట.





ఈ "అంశం" భిన్న భిన్న పరిస్థితులన్నింట్లోనూ – శూన్యంలోనూ (ఎల్రక్ట్రానిక్ గొట్టాల్లోనూ, వాల్వుల్లోనూ), వాయువుల్లోనూ (వాయువుతో నింపబడిన గొట్టాలు), చివరికి ఘన పదార్థాలలో (అర్ధవాహకాలు) కూడా అద్భుతంగా పనిచేస్తుంది.

వెయ్యి మాటలెందుకు, నిజంగానే ఎల్రక్ట్రాన్ ఎంతో పేరైనది. అయితే మాత్రం ఆధునిక సాంకేతిక శాస్త్రంలో అంత ప్రాధాన్యత ఒక్క ఎల్రక్ట్రాన్‌కే ఎందుకు ఉంది? ఎల్రక్ట్రాన్‌ల తర్వాత ప్రోటాన్‌లూ, న్యూట్రాన్‌లూ, ఫోటాన్‌లూ, మిసాన్‌లూ, హైపెరాన్‌లూ, అలా ప్రాథమిక కణాలెన్నో ఇంకా ఆవిష్కరించబడ్డాయి కదా.

మరైతే ఎల్రక్ట్రానిక్స్ అనేదే ఎందుకుంది, ఇంతవరకూ ప్రోటానిక్స్ ఎందుకు లేదు? అలాగే న్యూట్రానిక్స్, మిసానిక్స్ ఎందుకు లేవు? దీనికి కారణం ఎల్రక్ట్రాన్‌ని ముందు కనుక్కోవడమేనా? లేక, మిగతా కణాలకి లేని ప్రత్యేకమైన ధర్మాలేవో ఎల్రక్ట్రాన్‌కి ఉండడమేనా?

ప్రోటానిక్స్ ఎందుకు కాదు?

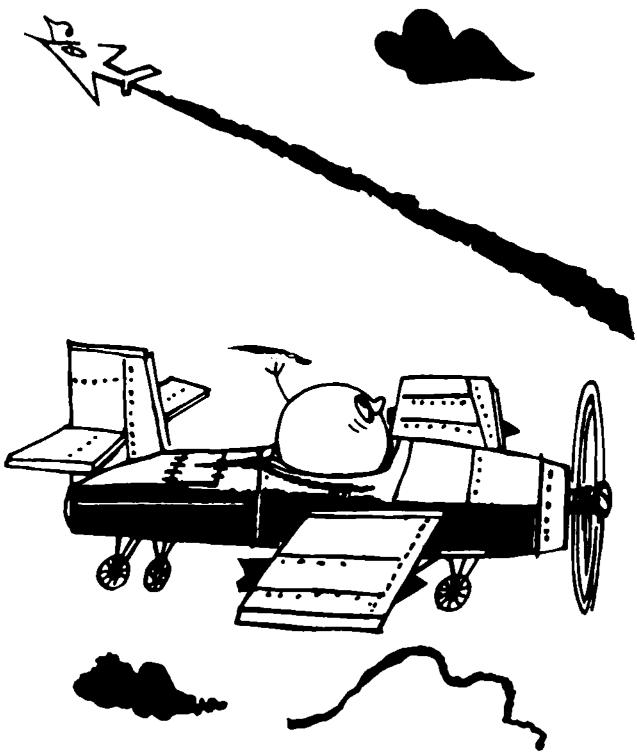
న్యూట్రాన్ లాంటి కణాన్ని తీసుకుందాం. అసలు న్యూట్రాన్ అంటే ఏమిటి? ఒకటి – ఈ కణానికి ఆవేశం ఉండదు. రెండు – దీని ద్రవ్యరాశి ఎల్రక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కంటే 1840 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. న్యూట్రాన్‌కి ఆవేశం ఉండదు కాబట్టి బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావానికి గురవకుండా తటస్థంగా ఉంటుంది. అంటే క్షేత్రం సహాయంతో న్యూట్రాన్‌ని కంట్రోలు చేయలేం అన్నమాట. ఎల్రక్ట్రాన్ వ్యవహారం పూర్తి భిన్నంగా ఉంటుంది. దీనికి రుణావేశం ఉండడంతో ఎల్రక్ట్రాన్ ఎప్పుడూ ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఉండే ప్లేటు వైపు వెళ్లడానికే ప్రయత్నిస్తుంది. పొటెన్షల్‌ని మార్చడం ద్వారా ఎల్రక్ట్రాన్‌లని కంట్రోలు చేయవచ్చు: వాటి వేగాన్ని పెంచవచ్చు, లేదా తగ్గించవచ్చు, వాటి దిశని మార్చవచ్చు; వాటి ప్రవాహాన్ని పెంచడమో, తగ్గించడమో చేయవచ్చు.

అయితే ఇంకో రకం కణాలు – ప్రోటాన్‌లు ఉన్నాయి. ఇవి కూడా క్షేత్ర ప్రభావానికి గురవుతాయి. వీటికి పూర్తిగా ధనాత్మక ఆవేశం ఉండటమే దీనికి కారణం. అలా అయిన పక్షంలో ఎల్రక్ట్రానిక్ పరికరాలకి బదులు ప్రోటానిక్ పరికరాలని ఎందుకు వాడరు?

ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాశి ఎల్రక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి కంటే 1840 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. మామూలు తుపాకీ గుండు పక్కన, దానికంటే 1840 రెట్లు బరువు ఎక్కువగా ఉండే గుండుని ఉంచుదాం. తుపాకీ గుండు బరువు 30 కిలోగ్రాములు

అనుకుంటే, రెండో దాని బరువు 10 అంతరిక్ష నౌకల బరువు కంటే ఎక్కువగా ఉం టుంది.

బరువుగా ఉండి, అటూ ఇటూ తిరగలేని ప్రోటాన్‌లు ఎంతో చలనశీలత కలిగివుండే ఎలక్ట్రాన్‌లతో ఎప్పుడూ పోటీకి రాలేవు. భారీగా ఉండే బాంబర్ విమానం, చిన్న ఫైటర్ విమానంలా తేలిగ్గా అటూ ఇటూ తిరగలేదు. విమానపు ద్రవ్యరాశి ఎంత తక్కువగా వుంటే దాని జడత్వం అంత తక్కువగా ఉంటుందని పైలట్‌లందరికీ తెలుసు. కంట్రోలు చక్రాన్ని కొంచెం తిప్పగానే ఫైటర్ ఒక్కసారిగా తను ప్రయాణంచేస్తున్న దిశని మార్చుకుంటుంది. దిశని మార్చుకోగలిగిన శక్తి ఆ విమానానికి చాలా ఎక్కువగా వున్నప్పటికీ జడత్వాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోవడం మాత్రం అవసరం. లేకపోతే ఏ ఫైటర్ విమానం అయినా జడత్వం మూలంగా అవసరమైన లక్ష్యాన్ని భేదించకుండానే గురి పక్కనుంచి వెళ్లిపోతుంది.



తిరిగి అసలు విషయానికి వద్దాం. ప్రోటాన్, న్యూట్రాన్‌లతో పోల్చుకుంటే ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి, జడత్వాలు అత్యంత స్వల్పంగా ఉంటాయి. దీనర్థం, బాహ్య శక్తుల సహాయంతో క్షణంలో ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్ని పెంచి, ఎంత క్లిష్టమైన మలుపునైనా తిప్పించవచ్చు. వోల్టేజిని పెంచామనుకుందాం — వెంటనే ఎలక్ట్రాన్ విపరీతమైన వేగాన్ని పుంజుకుంటుంది. దానికి వ్యతిరేకంగా వోల్టేజ్‌ని తగ్గించి నట్లయితే ఎలక్ట్రాన్ తక్షణం వెనక్కి దూసుకుపోతుంది.

అతి ముఖ్యమైన ధర్మాల్లో ఇదొకటి. ఈ ధర్మమే లేనట్లయితే సెకనుకి 25 సార్లు టెలివిజన్ తెరమీద బొమ్మని "గీయడం" సాధ్యమయేది కాదు. విద్యుత్ వలయంలోని విద్యుచ్ఛక్తి పరిమాణం, దిశలని ప్రతి సెకనుకీ 10 మిలియార్డుల సార్లు మార్చడానికి వీలుగా వుండే విద్యుత్ కంపనాలని సృష్టించడం కూడా సాధ్యమయేది కాదు. అత్యంత వేగంతో చలించే రాకెట్లని కంట్రోలు చేయడం, మనిషి కొన్ని సంవత్సరాలు శ్రమించినా లెక్కగట్టడానికి సాధ్యమవని లెక్కలని ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ మీద ఒక్క గంటలో చేయడం కూడా సాధ్యమయేది కాదు.

ఫోటానిక్స్ గురించి నాలుగు మాటలు

ఎలక్ట్రాన్‌లు, ప్రోటాన్‌లు, న్యూట్రాన్‌లు కాకుండా ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రానికి సుమారు 200 రకాల ప్రాథమిక కణాలు తెలుసు. వీటన్నింటిలోనూ, ఎలక్ట్రాన్‌లా తేలికైన, చలనశీలత కలిగినవి తేలిగ్గా దొరికేవీ, కణాలు లేనే లేవా? ఎందుకు లేవూ, ఉన్నాయి. ఉదాహరణకి, ఫోటాన్ ఉంది.

చలనశీలత గురించి మాట్లాడితే ఈ కణానికి ఒక్క క్షణం కూడా విశ్రాంతి అంటూ ఉండదనే చెప్పాలి. చలనంలోనే దాని ఉనికి ఉంటుంది. చలనం లేనప్పుడు అది మాయమైపోతుంది. విశ్రాంతిలో ఫోటాన్ ద్రవ్యరాశి సున్నాతో సమానమని శాస్త్రవేత్తలు అంటూంటారు. శుద్ధమైన రూపంలో ఫోటాన్‌ని పొందడం ఎలక్ట్రాన్‌ని పొందడం కంటే చాలా తేలిక. కంటికగుపడే ప్రతి కాంతి కిరణంలోనూ ఫోటాన్‌లు ఉంటాయని భౌతిక శాస్త్రం నిర్ధరించింది. గత కొద్ది సంవత్సరాలుగా ఎన్నో సాంకేతిక రంగాల్లో ఎలక్ట్రాన్‌తో ఫోటాన్ విజయవంతంగా పోటీకి వస్తోందంటే, అదేమీ యాదృచ్ఛికం కాదు.

ఇటీవలి దాకా రేడియో, రాడార్‌ల లాంటి సాంకేతిక రంగాలు ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి గుత్త హక్కుగా ఉంటే, ఈరోజు మరో కొత్త శాఖ అవతరించింది. దీన్ని ఫోటానిక్స్ అని పిలవడం పూర్తిగా సమంజసమే అవుతుంది. చెప్పుకునే విషయం క్వాంటమ్

జెనరేటర్‌ల (లేజర్‌లు అని పిలవబడేవి) సంగతి. కొద్ది సంవత్సరాలుగా వీటిని తయారుచేయడంలో ఎంతో కృషి జరుగుతోంది. ఇక్కడ కూడా ఎన్నో క్లిష్టమైన సమస్యలను పరిష్కరించాల్సి ఉందని చెప్పాలి. ఫోటాన్‌లకి ఆవేశం ఉండదు. అందువల్ల వీటిని విద్యుత్ క్షేత్రం సహాయంతో కంట్రోలు చేయలేం. నిర్దేశించబడిన ఒక పౌనఃపున్యంలో ఫోటాన్‌లని కంపించేలా చేయడం ఎలక్ట్రాన్‌లతో పోల్చి చూసుకున్నట్లయితే ఎంతో కష్టమైన విషయం. కాని ఈ అడ్డంకులన్నిటినీ అధిగమిస్తున్నారు.

త్వరలోనే ఎలక్ట్రానిక్ రేడియో కమ్యూనికేషన్లతో బాటు ఫోటానిక్ కమ్యూనికేషన్‌లూ వాడుకలోకి వస్తాయి.

అప్పుడు ఎలక్ట్రానిక్స్ అవసరం తీరిపోతుందేమో? లేదు, ఫోటాన్ సాంకేతిక విజ్ఞానం, ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని త్రోసిరాజనలేదు. ఎందుకంటే రేడియో ప్రసారాలు మాత్రమే కాకుండా ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఇతర లక్ష్యాలూ ఉన్నాయి. మరో విషయం ఏమిటంటే, ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండా ఏ విధమైన ఫోటాన్ పరికరాలనీ రూపొందించలేము. ఎలక్ట్రాన్‌ల వల్లనే ఫోటాన్‌లు పుడతాయి: ఒక పరమాణువులో ఎలక్ట్రాన్ తన స్థితిని మార్చుకున్నప్పుడు, ఉదాహరణకి, కేంద్రకానికి దూరంగా ఉన్న కక్ష్యలో నుంచి దగ్గరగా ఉన్న కక్ష్యలోకి ఎలక్ట్రాన్ గెంతినపుడు, ఆ పరమాణువు ఒక ఫోటాన్‌ని విడుదల చేస్తుంది.

అయితే దీనంతటి గురించీ వేరేగా ప్రత్యేకించి చెప్పుకోవాల్సి ఉంటుంది. ప్రస్తుతానికి ఒక్క విషయం మాత్రం గమనించాలి: ఎలక్ట్రాన్ తన గుత్తాధిపత్యాన్ని కొనసాగించడం కోసం ఏమీ పాటుపడటం లేదు. ఎప్పుడైతే తన శక్తి సామర్థ్యాలకి మించిన పని తగులుతుందో అప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ ఎంతో ఆనందంగా మనుష్యులకి ఫోటాన్‌ని బహూకరిస్తుంది.

ఇంకా ఇతర కణాల ధర్మాలను ఉపయోగించుకుంటూ, ఎలక్ట్రానిక్స్, ఫోటానిక్స్‌లతో బాటు ఇంజనీరింగులో ఇతర శాఖలు అభివృద్ధిచెందుతాయేమో? ఎవరికి తెలుసు! న్యూట్రినో తరంగాల ద్వారానో, గురుత్వ తరంగాల ద్వారానో కమ్యూనికేషన్ సంబంధాలు ఏర్పరుచుకునే అవకాశాలున్నాయనే భావాలు ఇప్పటికే తలెత్తాయి. కాని, అటువంటి తరంగాలని విజ్ఞాన శాస్త్రం ఇంకా పరిశోధించలేదు. అందుకనే రేడియో కమ్యూనికేషన్లకి సంబంధించిన అన్ని ఆధునిక పరికరాలూ ఎలక్ట్రాన్‌ల అన్యోన్య చర్యల మీదా, విద్యుదయస్కాంత తరంగాల మీదా ఆధారపడి ఉన్నాయి.

ఇంతకీ దాన్ని చూసింది ఎవరు?

వివరించడానికి వీలుకాని విషయాన్ని అద్భుతం అని మనం పిలుస్తాం. దేవుళ్లూ, పిశాచాలూ, మంత్రగాళ్లూ, అద్భుతాలని సృష్టిస్తే మనిషి ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని సృష్టించాడు. ఎలక్ట్రాన్‌ని అతడు మచ్చిక చేసుకున్నాడు. దాని ధర్మాలని తెలుసుకున్నాడు. రకరకాల సమస్యలనెన్నిటినో దాని సహాయంతో పరిష్కరించాడు. ఇంజనీరు ఒక ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాన్ని నిర్మిస్తూ, ఎలక్ట్రాన్ ఇలా ఇలా ప్రవర్తిస్తుందనో, ఈఈ పనులని చేస్తుం దనో, అటో, ఇటో దూసుకుపోతుందనో చెప్తాడు.

ఇదంతా అలాగే జరుగుతుందని చూసిన వారెవరైనా ఉన్నారా? ఎవ్వరూ లేరు. మహా అయితే తెర మీద కిరణపుంజపు జాడని చూడగలం. లేదా, ప్రతీ సెకనులోనూ తీగ గుండా ప్రవహించే అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌ల ఆవేశాల మొత్తాన్ని (ఎలక్ట్రిక్ కరెంటు) కొలవగలం. విద్యుత్ కరెంటు, కిరణపుంజం అంటే ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహం అన్నమాట. గొప్ప పరిమాణంలో చలిస్తున్న కణాల మొత్తం అన్నమాట. ఒక విడి ఎలక్ట్రాన్ అతి సూక్ష్మమైన కణం. దీన్ని ఏ సూక్ష్మదర్శినిలోనూ చూడలేం.

టెలివిజన్‌ని బయట నుంచి ప్రతీవాడూ చూసే వుంటాడు. కుతూహలం ఎక్కువగా ఉన్నవాడు లోపల ఏముందో తప్పకుండా చూస్తాడు. ఏముందక్కడ? ప్రత్యే కించి ఆసక్తికరమైనదేమీ కనపడదు. ఎన్నో రకరకాల భాగాలూ, గజిబిజిగా అల్లుకుని ఉన్న తీగలూ, గుడ్డిగా వెలుగుతున్న వాల్వులూను. ఎటువంటి చలనమూ లేని నిర్జీవ సామ్రాజ్యం. జీవం ఒక్క తెర మీదే.

చలనం అంటూ లేని అంశాల్లో నుంచీ, తీగల్లో నుంచీ కదిలే బొమ్మలు ఏ విధంగా పుట్టుకువస్తాయి? నాటకంలోని సజీవ పాత్రధారుల బొమ్మలు ఏ విధంగా తెర మీద ప్రత్యక్షమవుతాయి, ఎంతో తీవ్రమైన ఆటల పోటీ తెర మీద ఏ విధంగా కనిపిస్తుంది? ఇక్కడ ప్రముఖ పాత్ర వహించేది ఎలక్ట్రానే.

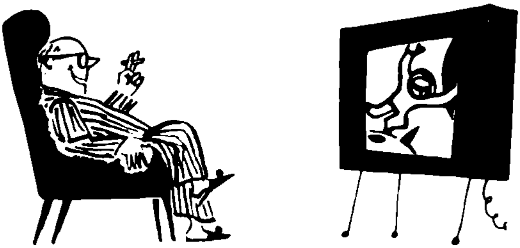
తెర మీద కార్యక్రమం సాగుతూన్న సమయంలో టెలివిజన్ లోపల ఉన్న అన్ని భాగాల్లోనూ కంటికి కనపడని "తెరవెనుక జీవితం" మంచి జోరుగా సాగి పోతూం టుంది. ఇంజనీర్ ఈ తెర వెనుక జీవితాన్ని ఎంతో వివరంగా అధ్యయనం చేశాడు. ప్రతీ తీగ గుండా, ప్రతీ సెకనులోనూ ఎన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రవహిస్తాయో, ప్రతీ సర్క్యూట్‌లోనూ అవి ఎలా ప్రవర్తిస్తాయో అతను మీకు జవాబివ్వగలడు. అయితే వాటిని అతనూ తన కంటితో ఎప్పుడూ చూడలేదు.

ముందు ఇదంతా కలయో, వైష్ణవ మాయో అని మీకు అనిపించవచ్చు. ఎలక్ట్రాన్ మనం ఊహించగల పాత్రలన్నిటినీ వహిస్తుంది. టెలివిజన్ కార్యక్రమాల్లోని నటుల

పాత్రని ఎలక్ట్రాన్ నటిస్తుంది, అనుసరించే ధ్వనులని స్పీకరు తిరిగి పుట్టించేలా చేస్తూ నేపథ్య గాయకునిగా పాడుతుంది. ఎలక్ట్రాన్ రాకెట్‌లని, యంత్రాలని, విమానాలని నడుపుతుంది. ఎన్నో క్లిష్టమైన లెక్కలని, అనువాదాలని చేస్తోంది. లోహాల తయారీలో పనిచేస్తోంది. పదార్థాల సూక్ష్మనిర్మాణాన్ని అధ్యయనం చేసే అవకాశాన్ని ఇస్తోంది.

ఎలక్ట్రాన్ పనిచేస్తుండగా చూసిన వాళ్లెవరూ లేరు. కంటికి కనపడకుండా, కట్టుకథల్లోని భూతంలా ఎలక్ట్రాన్ ఎన్నో కొత్త కొత్త అద్భుతాలని సృష్టిస్తోంది. కాని పరిశోధనలకి ఉండే విజ్ఞానం, ఊహాత్మక శక్తుల ద్వారా మానవుడు సృష్టించిన అనేక సాధనాల్లో ఎప్పుడూ చలిస్తూ ఉండే ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎలా ప్రవర్తిస్తాయో కుణ్ణంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఉండే ఈ ప్రత్యేకతని నొక్కి చెప్పడానికి ప్రయత్నిస్తూ ప్రఖ్యాత అమెరికన్ సైన్సు–కాల్పనిక రచయిత ఆర్థర్ క్లార్క్ ఒక కాల్పనిక సంఘటనని ఇలా వర్ణించాడు.



గడచిన కాలానికి చెందిన ప్రఖ్యాత మేధావులయిన, న్యూటన్, లియొనార్డో ద వించీలకి అధ్యయనం కోసం ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వ్‌నీ, ఆధునిక కారునీ ఇచ్చారనుకొందాం.



కారుని బయటనుంచి చూసి అది దేనికి ఉద్దేశించబడిందో, దాని నిర్మాణం ఎలాంటిదో మొదలైన కొన్ని విషయాలని వాళ్ళు చెప్పగలిగి ఉండేవారవడంలో సందేహం లేదు. కాని డయోడ్, ట్రయోడ్‌ల గురించి మాత్రం వాళ్లేమీ చెప్పగలిగి ఉండేవారు కాదు. రవ్వంత కూడా వాళ్ళు గ్రహించగలిగి ఉండేవారు కాదు. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వు బాహ్య రూపం కాని దాని విడి భాగాలు కాని వాల్వులో జరిగే ఎలక్ట్రానిక్ ప్రక్రియల గురించి లేశమంతైనా చెప్పవు. విజ్ఞానశాస్త్రంలో ఎంత గొప్ప కాల్పనిక శక్తి వున్నా న్యూటన్ గాని, లియొనార్డో ద వించీ గాని ఎలక్ట్రాన్ గురించి ఊహించనైనా ఊహించగలిగి ఉండేవారు కాదు. వాళ్లకి ఏ మాత్రం అర్థం కాని ఈ నిర్మాణాల్లో ఎలక్ట్రాన్ పాత్ర, దాని ప్రవర్తనలు వారికి ఊహకైనా తట్టేవి కావు.

ఎలక్ట్రాన్ పాల్గొనే అదృశ్య ప్రక్రియల గురించి విజ్ఞానశాస్త్రం కచ్చితమైన సమాచారం పొందడానికి శాస్త్రవేత్తలు గడిచిన శతాబ్దాల్లో కొన్ని వందల ప్రతిభావంతమైన ఊహలు, వేలకొద్దీ ప్రయోగాలు చేశారు.

ఇంతకీ ఎలక్ట్రాన్ ఎలా ఉంటుంది? దాని నిర్మాణం ఎలా ఉంటుంది? గట్టిగా ఉంటుందా లేక డొల్లగా ఉంటుందా? అది ఒక సజాతీయ కణమా లేక భిన్న జాతీయ కణాలతో కలిసి తయారవుతుందా?

దీని గురించి ఇప్పటికింకా ఎవరికీ ఏమీ తెలియదు. ఈ రోజున ఎలక్ట్రాన్ ఒక రకమైన ప్రహరీ గోడలా ఉందనవచ్చు. శాస్త్రం ఇప్పటికి ఇంకా దాన్ని దాటలేకపోయింది. అసలు ఎప్పటికైనా దాటగలదా?

దాటగలదు! అణువునుంచి పరమాణువుకి, పరమాణువు నుంచి ఇంకా సూక్ష్మమైన కణాంశాలకి శాస్త్రం వచ్చినట్లే ఇక్కడా జరుగుతుంది. కుతూహలవంతుడైన ఒక చిన్న పిల్లాడి చేతుల్లో ఉన్న మత్ర్యోష్క* లాంటిదే విజ్ఞానశాస్త్రానికి పదార్థం కూడానూ. ఇంకా ఇంకా తెరుస్తూ లోపల ఏముందో తెలుసుకోవాలనిపిస్తుంది.

అణువు. పరమాణువు. కేంద్రకం. ప్రోటాన్. న్యూట్రాన్. ఎలక్ట్రాన్... జ్ఞాన సముపార్జనకి అవధులు లేవు. పదార్థం అనంతమైనది. ఒక్క విస్తృతిలోనే కాదు, ప్రగాఢత్వంలో కూడానూ. ప్రకృతిలో ఎలక్ట్రాన్ ఒక్కటే విడిగా వుండదని అనిపిస్తోంది. ఎలక్ట్రాన్‌లో ఒక తరంగాల గుచ్ఛం లేక ఇంకా సూక్ష్మమైన కణాల వ్యవస్థ

---

* మత్ర్యోష్క – సాంప్రదాయకమైన రష్యన్ బొమ్మ. ఈ బొమ్మని తెరిస్తే అందులో అలాంటిదే యింకో చిన్న బొమ్మ ఉంటుంది. దాన్ని తెరిస్తే మరో చిన్న బొమ్మ, అందులో మరొకటి. అలా చాలా బొమ్మలుంటాయి (అను.).

వుండవచ్చు. ఏదో ఒక శుభ ముహూర్తాన ఉన్నట్టుండి ఎలక్ట్రాన్ అన్నది విజ్ఞాన శాస్త్రం నుంచి మాయమైపోవచ్చు. అసలైన తమాషా అప్పుడుంటుంది!

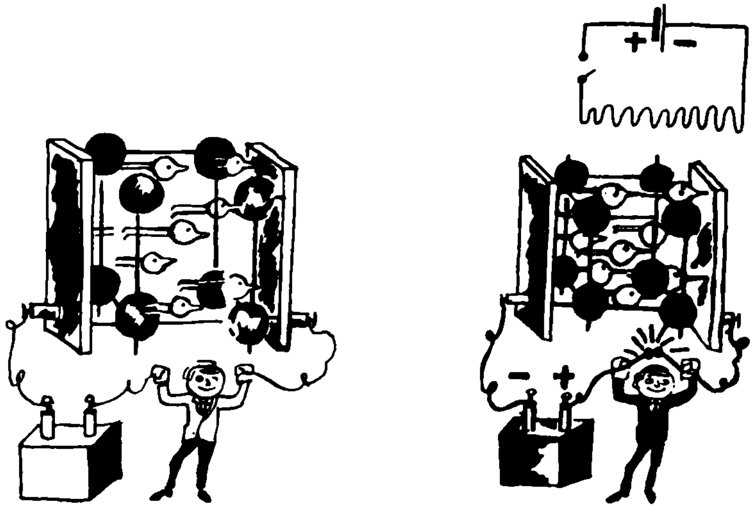
మరి అప్పుడు ఎలక్ట్రానిక్స్ సంగతేమవుతుంది? ఏమీ కాదు! ఎలక్ట్రానిక్స్ మీద దీని ప్రభావం ఏమీ ఉండదు. ఇది నిజంగా అద్భుతమే: ఎలక్ట్రానులు లేవట, ఎలక్ట్రానిక్స్ మాత్రం ఉందిట! అయితే ఇక్కడ వింతైన విషయమేమీ లేదు. ఎలక్ట్రానిక్స్ సృష్టించిన పరికరాలు ఎప్పటిలాగానే మనిషికి సేవ చేస్తాయి. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రాను లోని ప్రధాన అంశం: ఒక తరంగాల గుత్తో, ఒక సజాతీయ కణమో లేక రకరకాల కణాలు కూడుకుని వున్న వ్యవస్థో అన్నది అంత అవసరమైన విషయమేమీ కాదు. ప్రధానమైన విషయం మన భావాలూ, సిద్ధాంతాలూ ప్రయోగ ఫలితాలకి విరుద్ధంగా ఉండకూడదు. ఎలక్ట్రానిక్స్ సాధించే ప్రతీ నూతన విజయం, భావం సరైనదా, కాదా అనే దానికి ప్రాయోగిక నిరూపణ మాత్రమే. కాబట్టి ప్రస్తుతానికి ఎలక్ట్రాన్‌ని అలాగే ఉంచుదాం. ఎందుకంటే, ఎలాగూ దీన్ని చూసిన వారెవరూ లేరు.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌యొక్క భారీ భవంతిని ఊహలమీద నిర్మించారు. ఆ భవంతి ఎంతో మంది అన్వేషకుల, విషయాసక్తి కలిగిన వ్యక్తుల మేధస్సు ద్వారా నిర్మించబడింది. ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరించబడిన క్షణం నుంచి, భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు హెల్మ్ హోల్ట్జ్ వినకపోయినా, చూడకపోయినా, అనుభూతి చెందకపోయినా విద్యుత్ విశ్లేషణలో ఎలక్ట్రాన్ పాల్గొని తీరాలని ఊహించాడో, ఆ క్షణం నుంచి ఆ భవన నిర్మాణం మొదలైంది.

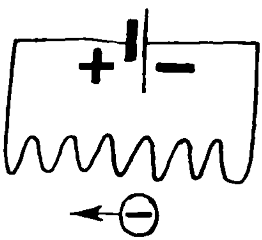
విద్యుత్తు ఒక్క లోహంలోనే కాదు వాయువులో, ద్రవంలో, శూన్యంలో కూడా ప్రవహించగలదు. ఇదీ మూలాంశం

1. 10

లోహపు పరమాణువులు 'స్ఫ టి కా కా ర జా ల కా ల ని' ఏర్పరుస్తాయి. జాయింట్ల మధ్య ఉండే ఖాళీ జాగాల్లో స్వేచ్ఛగా ఉండే ఎలక్ట్రానులు అల్లకల్లోల స్థితిలో చలిస్తూ ఉంటాయి. ఒక లక్ష్యం అంటూ లేకుండా అటూ యిటూ పరుగులెడు తూంటాయి.



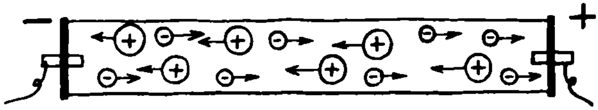
1. 11



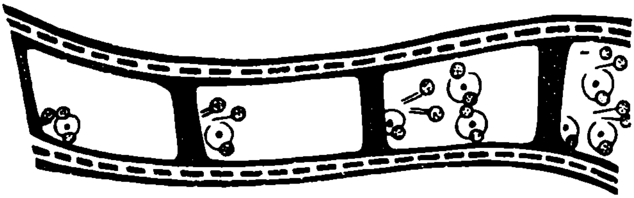
వోల్టేజి జనకంలోని రెండు ధృవాలకి లోహపు ప్లేటుని కలిపితే చాలు ఎలక్ట్రాన్‌కి వెంటనే ఒక లక్ష్యం ఏర్పడుతుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు బాటరీ ధన ధృవం వైపు పరుగులు తీస్తాయి. లోహంలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది.

1. 12

విద్యుత్ ప్రవాహం వాయువులో కూడా ఏర్పడగలదు. వోల్టేజి ప్రభావం ఉన్నప్పుడు గొట్టం లోపల వాయువు అయనీకరణం చెందుతుంది: స్వేచ్ఛాయుత ఎలక్ట్రాన్‌లు ధన పొటెన్షల్ గల ప్లేటు వైపు ఉరకలు వేస్తూ తమ దారిలో తగిలే పరమాణువులని



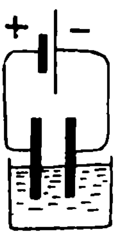
ఢీకొని వాటి కక్ష్యలలో నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లని వేరుచేస్తాయి. ధనాత్మక అయానులు (ఎలక్ట్రాన్‌లని కోల్పోయిన పరమాణువులు) గొట్టానికి వ్యతిరేక దిశలోని రెండో

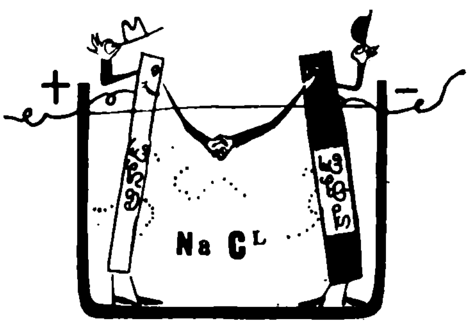


కొన వైపు ప్రయాణం చేస్తాయి. గొట్టంలో ఒక ప్రత్యేకమైన కాంతి ఏర్పడుతుంది. దీని అర్థం, గొట్టంలో అయాన్‌లు, ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒకదానికొకటి వ్యతిరేక దిశలో చలిస్తున్నాయన్నమాట. అంటే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తోందన్నమాట.

1. 13

ఒక ద్రవంలో (ఉదాహరణకి వంటలో వాడే ఉప్పు ద్రావణంలో) విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరచాలంటే, ఈ ద్రవంలో రెండు లోహపు కడ్డీలని ముంచి వాటిని వోల్టేజి జనకానికి కలపాలి. అప్పుడు కడ్డీలు 'ఎలక్ట్రోడ్‌లు' గా మారతాయి: జన

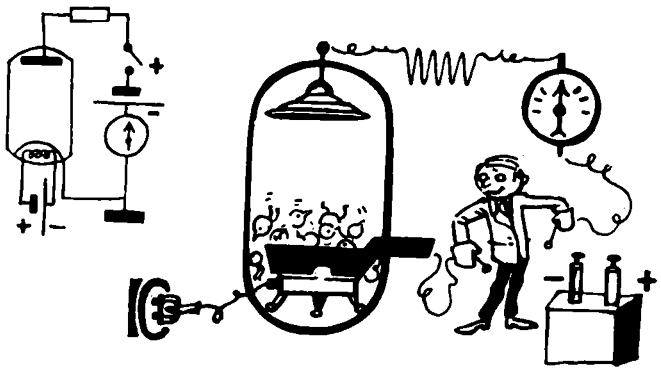




కంలోని 'ప్లస్' కొనకి కలపబడిన కడ్డీ 'ఆనోడ్'గా పనిచేస్తే, 'మైనస్'కి కలపబడిన కడ్డీ 'కేథోడ్'గా మారుతుంది.

1. 14

విద్యుత్ బల్బుల్లో ఎలక్ట్రాన్‌లు నిర్వాతంలో (వాక్యూమ్), మరోలా చెప్పుకోవాలంటే శూన్యంలో చలిస్తూంటాయి. దానికి ఉదాహరణగా డయోడ్‌ని చెప్పుకోవచ్చు.

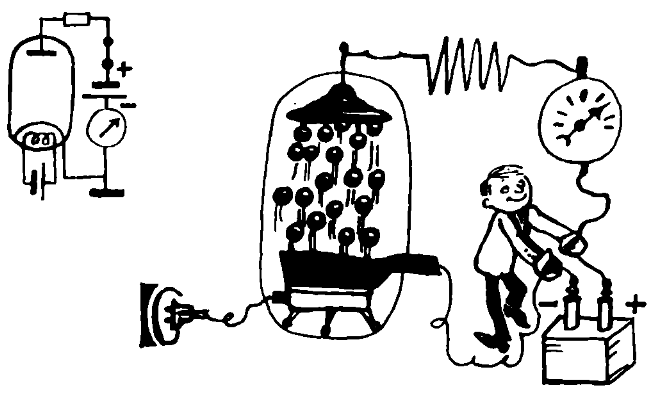


డయోడ్‌లో రెండు ప్రధాన భాగాలున్నాయి. వీటిని కూడా ఆనోడ్, కేథోడ్‌లనే పిలుస్తారు.

కేథోడ్‌కి దగ్గరగా ఒక ఉష్ణదీప్త తీగ లేక ఒక చిన్న విద్యుత్ పొయ్యి ఉంటుంది. ఇది కేథోడ్‌ని వేడిచేస్తుంది. అప్పుడు కేథోడ్ మీది పరమాణువుల మధ్య అల్లకల్లోల స్థితిలో చలిస్తూన్న ఎలక్ట్రాన్‌లతో కూడుకుని ఉన్న ''ఎలక్ట్రాన్ ద్రవం'' ''మరగడం'' ప్రారంభిస్తుంది. దీన్నే 'ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారము' అని అంటారు. ఈ ఉద్గారం వలన కేథోడ్ చుట్టూ ''ఎలక్ట్రాన్ వాయు'' మబ్బు ఏర్పడుతుంది.

1. 15

వోల్టేజి జనకంలోని మైనస్ కొనకి ఇప్పుడు కేథోడ్‌ని ప్లస్ కొనకి ఆనోడ్‌ని కలిపితే మబ్బులో నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లని ఆనోడ్ తన వైపు ఆకర్షించుకోవడం మొదలెడు



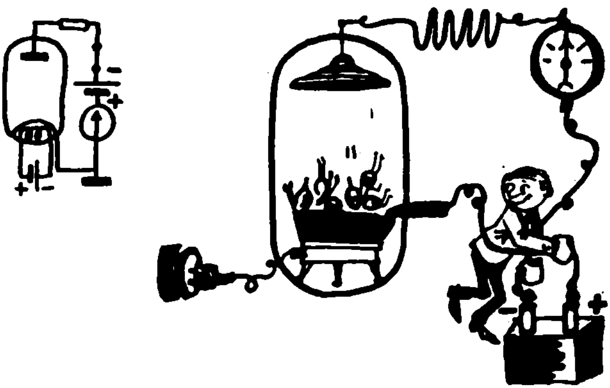
తుంది. కేథోడ్ నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లని పీల్చివేయడం మొదలెడుతుంది. అప్పుడు డయోడ్ లోపల విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

ఎలక్ట్రాన్‌కి లభించిన స్వేచ్ఛ క్షణికమైంది. కేథోడ్ నుంచి బయటపడిందో లేదో, తక్షణం దాన్ని ఆనోడ్ తన వైపు లాగేసుకుంటుంది.

1.16

డయోడ్‌ని చాలా తరచుగా సర్క్యూట్లలో ఒక రెక్టిఫైయర్‌గా ఉపయోగిస్తుంటారు. దీన్ని ఏక మార్గం గల కవాటం (వాల్వ్)తో పోలుస్తుంటారు.

1. 15 విషయానికి చెందిన చిత్రాలలో ఆ "వాల్వ్" తెరవబడి ఉంది. దాన్ని కట్టెయ్యాలంటే వోల్టేజ్ జనకంలోని ధృవాలని మార్చాలి. అంటే, ఆనోడ్‌కి మైనస్ కొసని, కేథోడ్‌కి ప్లస్ కొసని కలపాలి.



ఇప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌లకి కేథోడ్‌ని దాటి బయటపడటం కష్టమవుతుంది. ఎందుకంటే కేథోడ్ వాటిని ఆకర్షించుకుంటుంది. ఒకవేళ కేథోడ్ నుంచి బంధం తెంచుకుని ఎలక్ట్రాన్‌లు బయటపడినా వాటికి వెళ్లడానికి ప్రత్యేకంగా ఒక స్థలం అంటూ లేదు. ఇంతకుముందు వీటిని ఆనోడ్ ఆకర్షించుకునేది. అయితే ఇప్పుడు ఆనోడ్ వాటిని తిరిగి కేథోడ్ వైపు తరుముతోంది.

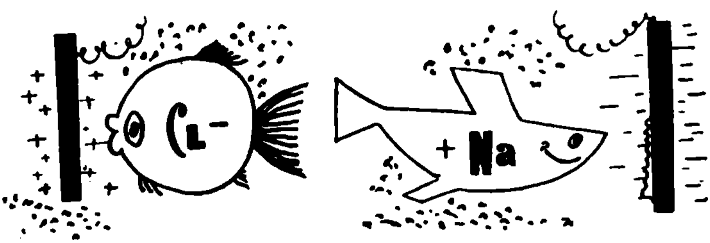
ఆటువంటి స్థితిలో డయోడ్‌లో విద్యుత్తు ప్రవహించదు. డయోడ్ కలుపబడి ఉన్న విద్యుత్ సర్క్యూట్‌ని ఆ "వాల్వ్" మూసేస్తుంది.

తాపకంలో పర్యటన

విద్యుత్ విశ్లేషణ గురించి ప్రతి స్కూలు పిల్లాడికీ తెలుసు. తాపకంలో ఉప్పు ద్రావణాన్ని (సోడియం క్లోరైడ్) పోసి దానిలో రెండు లోహపు కడ్డీల మంచి వాటిని విద్యుత్ బేటరీ యొక్క వేర్వేరు ధృవాలకి కలిపితే ద్రావణం గుండామా, బయట వుండే తీగ గుండానూ విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది (1. 13 చిత్రం చూడండి).

ఉప్పు ద్రావణం నుంచి కడ్డీల్లో ఒక దాని మీద శుద్ధమైన సోడియం, రెండో దాని మీద వాయు రూపంలో క్లోరీన్ ఏర్పడతాయి. కేథోడ్ మీద సోడియం పేరుకుంటుంది. అంటే బేటరీ ఋణాత్మక ధృవానికి కలపబడిన కడ్డీ మీద అన్నమాట. వాయు రూపంలోని క్లోరీన్ బుడగల్లా రెండో కడ్డీ, అంటే ఆనోడ్ చుట్టూ ఏర్పడుతుంది.

ప్రస్తుతానికి మనం కంటికి కనబడేవీ, స్పర్శకి అందేవీ అయిన పదార్థాల గురించి మాట్లాడుకుంటున్నాం. కడ్డీలని చేతులతో ముట్టుకోవచ్చు. ఉప్పు ద్రావణాన్ని విశ్లేషించవచ్చు. కేథోడ్ మీద శుద్ధమైన సోడియం జాడలని చూడవచ్చు. ఆనోడ్ దగ్గర క్లోరీన్ వాయు బుడగలు ఎలా బయటకు వస్తాయో పరిశీలించవచ్చు. దీనికంతటికీ కారణం ఏమిటి? విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రభావానికి ద్రావణం వాయువుగానూ, ఘన పదార్థంగామా ఎందుకు మారిపోతోంది? క్లోరిన్, ఆనోడ్ వైపు ఎందుకు చేరుకుంటుంది? కేథోడ్ మీద సోడియం ఎందుకు పేరుకుంటుంది? దానికి వ్యతిరేకంగా ఎందుకు జరగటం లేదు?



ఇక్కడే మనం దృశ్య జగత్తును వదిలి శాస్త్రజ్ఞుల వెనకే అద్భుతమైన ఊహా లోకాల్లోని అదృశ్య జగత్తుకి పర్యటన సాగించాలి. ఏ రకం రవాణా సాధనం మనల్ని ఆ లోకానికి చేరవెయ్యగలదు? సహజంగానే అది ఎంతో అసాధారణమైనది. కవుల భాషలో చెప్పుకుంటే, కల్పనల రెక్కల మీద ఎగురుతూ ఆ లోకానికి మనం వెడతాం. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రాన్లని మనం చూడలేం కదా. అవి ఇలా ఉంటాయి కామోసని

అనుకోగలం అంతే. కాని ఆ ప్రక్రియలో ఎలక్ట్రాన్ పాత్ర ఎటువంటిదో అర్థం చేసుకోడం ద్వారా అందులో జరిగే మెకానిజంని అంతటినీ గ్రహించగలం.

ఇంతకీ అక్కడ జరిగేదేమిటి? పరమాణువు నిర్మాణం గురించి తెలిసిన వ్యక్తికి విద్యుత్ విశ్లేషణ ప్రక్రియ సులభంగా అర్థమవుతుంది. సంగతేమిటంటే, సోడియం పరమాణువులు వాటి బాహ్య కక్ష్యలో తిరిగే ఏకైక ఎలక్ట్రాన్‌ని ఎంతో ఇష్టంగా వదులుకుంటాయి.

ఎలక్ట్రాన్‌ని వదులుకున్న పరమాణువు ఇక తటస్థంగా ఉండటం మానేస్తుంది: అంటే, కేంద్రకంలో ప్రోటాన్‌ల సంఖ్య కంటే ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య తగ్గుతుంది. పరమాణువు ధనావేశితమవుతుంది. ఇప్పుడది మామూలు పరమాణువు కాదు. అది సంచారక పరమాణువు అవుతుంది. సంచారకుడిని గ్రీకు భాషలో "అయాన్" అని పిలుస్తారు. సంచారకుడు ఎక్కువ కాలంపాటు విశ్రాంతి తీసుకోవడం అంటే ఇష్టపడడు. దరిదాపుల్లో మైనస్‌కి కలపబడిన ప్లేటు ఉంటే చాలు తన యాత్రని వెంటనే మొదలెడతాడు.

దీనికి వ్యతిరేకంగా క్లోరిన్ పరమాణువులు ఎంతో ఇష్టంగా ఎలక్ట్రాన్‌లని స్వీకరిస్తాయి. వాటి బాహ్య ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యలో ఏడు ఎలక్ట్రాన్‌లు మాత్రమే ఉంటాయి. ఒక పరమాణువు బాహ్య కక్ష్యలో ఎనిమిది ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉన్నట్లయితే అది "సంపూర్ణ సముదాయం" గల కక్ష్య అవుతుంది.

ప్రకృతిలో సార్వత్రికమైన నియమం ఒకటుంది: పరమాణు బాహ్య కక్ష్యలో ఒకటో లేక కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లో తక్కువైతే, "సంపూర్ణ సముదాయానికి" అవసరమైన ఆ ఎలక్ట్రాన్‌లని అది బయటనుంచి పొందడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.

అందుకనే క్లోరిన్ పరమాణువు పై నియమానికి కట్టుబడి తనకి తక్కువైన ఎనిమిదో ఎలక్ట్రాన్‌ని సోడియం పరమాణువు నుంచి గుంజుకోడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.

యాత్రకి కావల్సిన టిక్కెట్టుకి బదులు ఎలక్ట్రాన్‌ని స్వీకరించిన క్లోరిన్ పరమాణువు రుణాత్మక ఆవేశాన్ని పొంది అది కూడా అయాన్‌గా మారుతుంది. అది ధనాత్మక ఎలక్ట్రోడ్ ఉన్న దిశగా ప్రయాణాన్ని సాగిస్తుంది. తన గమ్యాన్ని (అంటే ఆనోడ్‌ని) చేరుకున్న తర్వాత ఆ అయాన్ తను సంపాదించుకున్న టిక్కెట్టుని, అంటే ఎనిమిదో ఎలక్ట్రాన్‌ని ఇచ్చివేస్తుంది.

బయటి తీగ గుండా ఎలక్ట్రాన్ పరుగెడుతుంది. ఆనోడ్ దగ్గరికి నిర్విరామంగా "టిక్కెట్టున్న యాత్రికులు" వచ్చి చేరుతూ ఉండడంతో తీగ గుండా నిర్విరామంగా ఎలక్ట్రాన్‌లు పరుగెడుతూ ఉంటాయి. విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ద్రావకం లోపల ప్రవాహం ఇంకో రకం స్వభావాన్ని కలిగివుంటుంది: ఇక్కడ "యాత్రికులు" నిర్విరామంగా

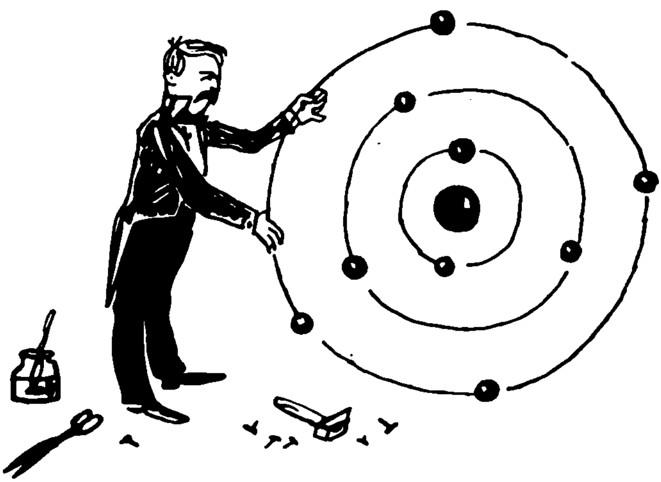
ఒకదానికొకటి ఎదురు దిశలో పయనిస్తారు. రుణాత్మక క్లోరీన్ అయాన్‌లు అనోడ్ వైపు వెళ్లడానికి ప్రయత్నిస్తే ధనాత్మక సోడియం అయానులు కేథోడ్ మీద జేరడానికి తొందరపడతాయి.

కేథోడ్‌ని చేరిన సోడియం అయానులు వాటికి తక్కువయిన ఎలక్ట్రాన్‌ని గ్రహించి తటస్థమయిన శుద్ధ సోడియం పరమాణువులుగా మారి కేథోడ్ మీద పేరుకుంటాయి.

పరమాణువుల కక్ష్యల్లో ఎలక్ట్రాన్‌ల గురించి తెలిసినవాడికి వాటి గురించి చర్చించడం బాగానే ఉంటుంది. మరి హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ సంగతేమిటి? పరమాణువుని నిజంగా పరమాణువనుకునే రోజుల్లో, దీన్ని పదార్థంలో అతి సూక్ష్మమైన, అనిభాజ్యమైన కణం* అనుకునే ఆ రోజుల్లో ఆయన విద్యుత్ విశ్లేషణని అధ్యయనం చేశాడు.

విద్యుత్తులో కొంత భాగం

ఎలక్ట్రాన్‌ల గురించి ఎవరికీ ఊహకైనా తట్టలేదు. విడుదలయిన సోడియం బరువుని బట్టి ఎన్ని సోడియం పరమాణువులు కేథోడ్‌ని చేరుకున్నాయో తెలుసుకో గలిగారు. కరెంటుని కొలవడం ద్వారా ఈ పరమాణువులు మోసుకెళ్లే ఆవేశాన్ని నిర్ణయించగలిగారు. నిర్దిష్ట సంఖ్యలోని సోడియం పరమాణువులు అదే రిపమాణంలో



* పరమాణువుని గ్రీకు భాషలో ఆటమ్ అంటారు. అంటే 'అవిభాజ్యమైన' అని అర్థం.

ఆవేశాన్ని మోసుకెళ్తాయని రుజావుచేశారు. కాని తావకంలో సోడియం క్లోరైడ్ బదులు కాల్షియం క్లోరైడ్ ద్రావణం ఉన్నట్లయితే అదే సంఖ్యలోని పరమాణువులు రెండు రెట్లు ఎక్కువ ఆవేశాన్ని తీసుకువెడతాయి.

ఇదీ ఆ రోజుల్లో హెల్మ్ హోల్ట్జ్ దగ్గరున్న మొత్తం సమాచారం. కాని ఈ సమాచారం ఆ గొప్ప ఊహ రావడానికి సరిపోతుందని తేలింది: దీని ప్రకారం ప్రకృతిలో అతి సూక్ష్మ పరిమాణంలో కొంత విద్యుత్ ఉండాలి. అది ఒక రకమైన విద్యుత్ పరమాణువు. ప్రతి సోడియం అయానూ కొంత (ఒక వంతు) విద్యుత్‌ని తీసుకు వెళ్తుంది. కాల్షియం అయాన్ రెండు వంతులు విద్యుత్‌ని తీసుకువెళ్తుంది. ఒకటి న్నర కాదు, ఒకటిమ్ముప్పావు కాదు, సరిగ్గా రెండు వంతులు, అంటే రెండు విద్యుత్ పరమాణువులని తీసుకెళ్తుంది.

అప్పటివరకు అవిభాజ్యమని భావించబడిన ఆ పరమాణువు లోపలికి ఊహల్లో మొట్టమొదటి సారిగా తొంగి చూసినది తనే అన్న సంగతి సహజంగానే హెల్మ్ హోల్ట్జ్‌కి తెలియదు. ఎందుకంటే, ఒక వంతు విద్యుత్ అంటే అది ఎలక్ట్రానే కదా! కాల్షియం పరమాణువు బాహ్య కక్ష్యలో సోడియంకి ఉన్నట్లు ఒకటి కాకుండా రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లు తిరుగుతూంటాయి. ఈ రెండు ఎలక్ట్రాన్‌లని క్లోరిన్‌కి ఇచ్చేసి కాల్షియం రెండు వంతుల విద్యుత్‌ని మోసుకెళ్లే అయానుగా మారిపోతుంది. అందుకే అదే సంఖ్యలోని కాల్షియం పరమాణువులు రెండు రెట్లు ఎక్కువ ఆవేశాన్ని తీసుకు వెళ్తాయి.

ఈ సంగతి అంతా చాలా కాలం గడిచిన తర్వాతే, అంటే, రూథెర్‌ఫోర్డు పరమాణు నమూనాని (దీని ప్రకారం కేంద్రకం సూర్యుడి స్థానంలో ఉంటుంది. మన గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నట్లు కేంద్రకం చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్‌లు తమ కక్ష్యల్లో తిరుగుతూంటాయి) రూపొందించిన తర్వాతే అందరికీ తెలిసింది (1.1చిత్రం చూడండి).

కాని, హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ కనుగొన్న "కొంత విద్యుత్తే", విజ్ఞానశాస్త్రం పై ఆవిష్కరణలు చేయడానికీ, ఈమార్గంలో ఎంతో నిర్ణాయకమైన తొలి అడుగు వేయ డానికీ తోడ్పడింది.

గొట్టంలో శూన్యం

హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ ఊహతో ఎన్నో కొత్త ప్రశ్నలు తలెత్తాయి. 'కొంత విద్యుత్' అనేది ఏమిటి? దాన్ని మోసుకెళ్లేది ఏది? అది ఎలా ఉంటుంది? దేనితో తయారవు తుంది?

హెల్మహోల్ట్జ్ ఆవిష్కరణ తర్వాత జరిగిన ప్రయోగాలన్నీ విద్యుత్‌తో సంబంధం కలిగివున్న అన్ని విషయాల్లోనూ అతి సూక్ష్మమైన రుణాత్మక ఆవేశాలు పాల్గొంటాయనే విషయాన్ని రూఢిచేశాయి. వీటినే ఎలక్ట్రాన్‌లని పిలవనారంభించారు. ఇంతకీ ఎలక్ట్రాన్‌లు అంటే అవి ఎలా వుంటాయి? అభౌతికమైన కొంత విద్యుత్‌గా వుంటాయా లేక ఏదో పదార్థంలో ఒక అంశంగా వుంటాయా?



ఆ రెండూ సరైనవి కావని తేలింది. ఎలక్ట్రాన్‌కి ద్రవ్యరాశి అంటూ ఉన్నా అదేమీ ఒక పదార్థం కాదు. అది ద్రవ్యంలోని ఒక కణం. ప్రకృతిలో ఉండే అన్ని పదార్థాల్లోనూ ఎలక్ట్రాన్ ఒక భాగంగా ఉంటుంది.

భౌతికశాస్త్ర చరిత్రలో ఎలక్ట్రాన్ ఒక విశిష్ట స్థానాన్ని ఆక్రమించుకుంది. అది ప్రాథమిక కణాల పెద్ద కుటుంబపు అధ్యయనానికి నాంది పలికింది.

ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరించబడినప్పటినుంచీ దానిపట్ల భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు ఎంతో ఆసక్తిని కనబరచసాగారు. అన్ని లోహాల లోపలా స్వేచ్ఛాయుతమైన ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయని, అవి లోహపు పరమాణువుల మధ్య ఉండే ఖాళీ జాగాలో ఒలకపోసిన ఒక ద్రవం మాదిరిగా ఉంటాయని వారు నిర్ధరించారు (1. 10 చూడండి).

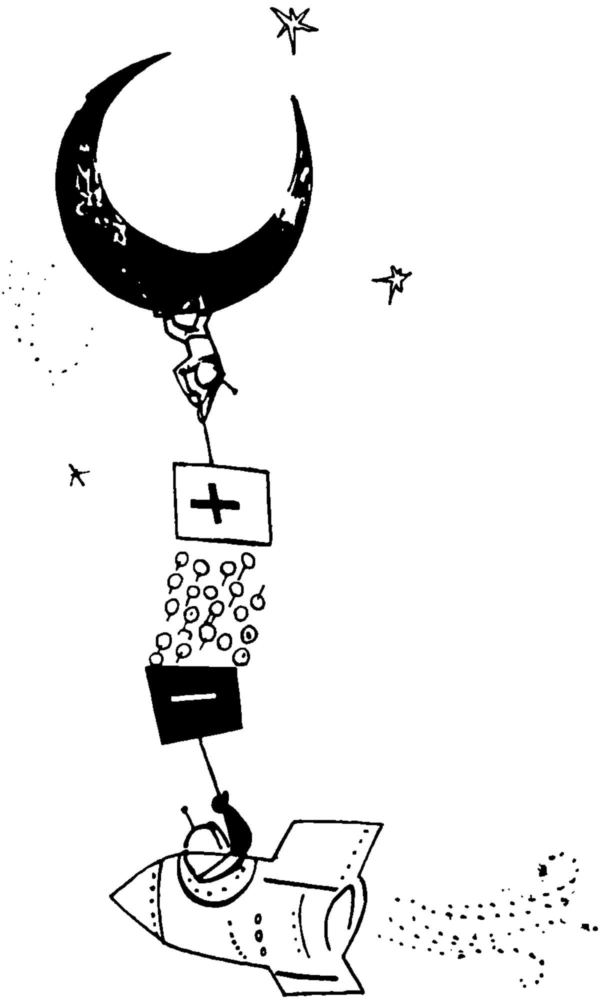
భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు లోహం లోపలికి దృష్టి సారిస్తూ ఎలా చూడగలిగారు?

సహజంగానే, ప్రయోగాల సహాయంతో దీన్ని సాధించారు. ప్రయోగమే ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి పునాది, దాని విజయాలకి మూలం, దాని ఊహలకి విలువ కట్టడంలో ప్రధాన న్యాయ నిర్ణేత. ఇంక మనం కూడా ఎలక్ట్రానిక్ ప్రపంచంలో అడుగు పెడదాం. ఉత్త చేతుల్తో కాదు. శాస్త్రజ్ఞులు అడుగుపెట్టినట్లే, మనమూ చేతుల్లో విద్యుత్ బేటరీతోనూ, లోహపు ముక్కతోనూను (లోహపు ప్లేట్‌తోనూ).

ప్లేట్‌ని బేటరీ ప్లస్, మైనస్ కొసలకి కలుపుదాం. అప్పటిదాకా లక్ష్యం అంటూ లేకుండా లోహంలో తిరుగుతూన్న ఎలక్ట్రాన్‌లకి వెంటనే ఒక లక్ష్యం ఏర్పడుతుంది.

(1. 11 చూడండి). ప్లేట్‌ని బేటరీ నుంచి విడదీసి దాన్ని వేడిచేయడం మొదలెడదాం. ఎలక్ట్రాన్‌ల ఉద్గారం మొదలవుతుంది. వేడిచేయబడిన ప్లేట్ చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ వాయువుల మబ్బులు ఏర్పడతాయి (1. 14 చూడండి).

ఎలక్ట్రాన్‌లని ఎవరూ చూడలేదంటే, ఎలక్ట్రాన్ మబ్బుంనీ ఎవరూ చూడ నట్లే. అయితేనేం, వంటవాడికి వంకాయ ఎంత బాగా తెలుసో, అలాగే, ఆధునిక భౌతిక



శాస్త్రానికి ఎలక్ట్రాముల సంగతి కూడా అంత బాగానూ తెలుసు. ప్రతి 'ఎలక్ట్రాన్ వంటకానికీ' దాన్ని తయారుచేసే రెడీ పద్ధతి ఒకటుంది.

ఎలక్ట్రాన్ ద్రవాన్ని తొందరగా మరగబెట్టాలనుకోండి, నికెల్, టంగ్‌స్టన్ తీసుకోవాలి. ఇవి ఎంతో ఎక్కువగా ఎలక్ట్రాన్‌లు ''ఇగిరేలా'' చేస్తాయి. అంతే కాకుండా, ఎంతో మొండివి కూడానూ. అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతల దాకా కూడా వాటిని వేడిచేయ వచ్చు. ఇంకా మెరుగయిన పనేమిటంటే, నికెల్, టంగ్‌స్టన్‌ల ప్లేట్‌లని ఆక్సైడ్ పొరతో (క్షార మృత్తిక లోహాల ఆక్సైడ్‌ల) పూతపుయ్యడం. ''ఇగిరే ప్రక్రియ'' ఇంకా బాగా సమర్థవంతంగా జరుగుతుంది. అంటే నిపుణుడి అభిప్రాయంలో ఉద్గారపు తీవ్రత పెరుగుతుంది.

రేడియో ప్రసారాన్ని అందుకునే ముందు రెండు మూడు నిముషాలు వేడెక్కాలని అందరికీ తెలుసు. కాని, సరిగ్గా ఈ సమయంలోనే రేడియో లోపల ఉండే అన్ని వాల్వుల కేథోడ్‌ల చుట్టూ అదృశ్య ఎలక్ట్రాన్‌ల మబ్బులు ఏర్పడి, ఎక్కువవుతాయని మాత్రం అందరికీ తెలియదు.

మబ్బులో ఎలక్ట్రాన్‌ల కదలిక కల్లోలంగా వుంటుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లని ఒకే దిశలో చలించేలా చేయగలిగేది ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఉన్న లోహపు ప్లేట్ మాత్రమే. అది సమస్యేమీ కాదు. మన దగ్గర బేటరీ వుంది. బేటరీకి ప్లస్, మైనస్ కొనలు రెండూ ఉంటాయి.

''ఎలక్ట్రాన్ వాయు'' మబ్బు ఆవరించివున్న ప్లేట్‌కి మైనస్ కొనని కలుపుదాం. దాని దగ్గరగా ప్లస్ కొనకి కలిపిన మరో ప్లేట్‌ని వుంచుదాం. ఈ పరిస్థితిలో కరెంటు ఏర్పడుతుందా?

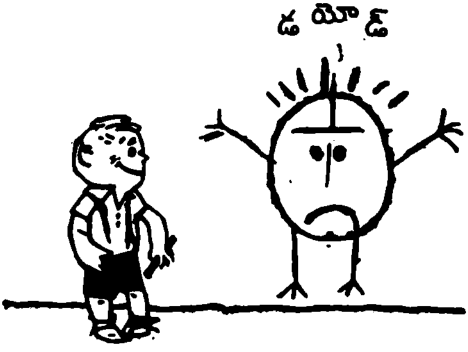
అవును ఏర్పడుతుంది. కాని ఒక్క షరతు వుంది. ప్రయోగాన్ని అంతరిక్షంలో చేస్తేనే అది సాధ్యమవుతుంది. భూమి మీద అలా జరగకుండా గాలి అడ్డం పడుతుంది. కేథోడ్ నుంచి బయటపడి దూసుకువస్తున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్ వైపు ఎగరకుండా గాలి అడ్డుపడుతుంది. గాలి ప్రభావం లేకుండా చేయడానికి ఎడిసన్ ఒక తేలికైన మార్గం కనుక్కున్నాడు. చిన్న అంతరిక్షాన్ని రూపొందించాడు. గాజు సిలిండర్ లోపల రెండు ప్లేట్‌లని ఉంచి లోపల గాలిని బయటికి తోడేశాడు. అప్పుడు మొట్టమొదటి సారిగా ఆ పరిస్థితుల్లో తీగతో సంధించబడని ప్లేట్‌ల మధ్య విద్యుత్ ప్రవహించడం ఆయన చూశాడు.

అటువంటి ప్రయోగాన్నే మీరు చేయాలను కుంటే దానికోసం సిలిండర్‌లో అంత రిక్షాన్ని రూపొందించాల్సిన అవసరం లేదు. మీరు, సిద్ధంగా వున్న రెండు-ఎలక్ట్రోడ్‌ల

వాల్వుని – డయోడ్‌ని తీసుకుంటే చాలు. (1. 14 చూడండి) రేడియో భాగాలని అమ్మే ఏ కొట్టులోనైనా డయోడ్‌ని కొనవచ్చు.

1904వ సంవత్సరంలో ఆంగ్లేయుడైన ఫ్లెమింగ్ ఈ డయోడ్‌ని కనుక్కున్నాడు. ఈ రోజుకి కూడా దానిలోని ప్రధాన సూత్రం దాదాపు ఏమీ మారలేదు. ప్రధానంగా నిర్మాణంలో మార్పులు వచ్చాయంతే. ఫ్లెమింగ్ తయారుచేసిన డయోడ్‌లోనూ, ఆ తర్వాత తయారైన ఎన్నో డయోడ్‌లలోనూ ఉష్ణదీప్తి ప్రవాహం వేరుగా కేథోడ్‌కి తీసుకురాబడింది. మొట్టమొదటిసారిగా రష్యన్ శాస్త్రజ్ఞుడు ఎ.ఎ. చెర్నిషెవ్ ఉష్ణదీప్త తీగలని ప్రవేశపెట్టాలని ప్రతిపాదించాడు. అది డయోడ్‌ల తయారీని చెప్పుకోదగినంతగా ఆధునీకరించింది.

డయోడ్‌ని బేటరీకి కలిపితే, డయోడ్ వలయంలో వుంచబడిన అమ్మీటర్ ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడటం మీరు పరిశీలించగలరు. అమ్మీటర్ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలుస్తుంది. అమ్మీటర్‌లోని ముల్లు కదిలిందంటే, మనం పైన చెప్పుకున్న అన్ని విషయాల ఫలితమే అది. మిగిలిన ప్రక్రియలన్నీ కంటికి కనపడనివే. అయినా కూడా సిలిండర్ లోపల సరిగ్గా మనం చెప్పుకున్న విషయాలే జరుగుతాయి: కేథోడ్ నుంచి తప్పించుకున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు దాని చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ మబ్బును ఏర్పరుస్తాయి. ఆనోడ్ ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లని తన వైపు గుంజుకుంటుంది. సిలిండర్ లోపల విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది.



గొట్టంలో ఎలక్ట్రోడ్‌లు కూడా ఉంటాయి

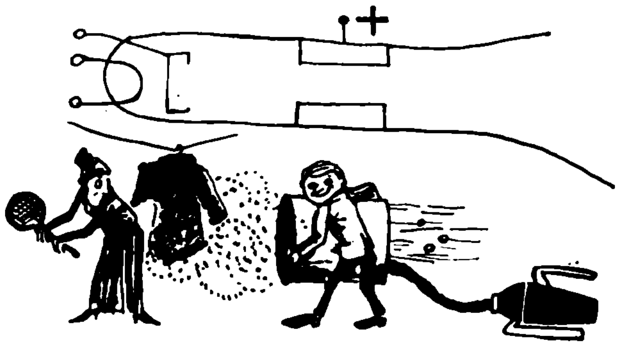
ఇదీ మూలాంశం

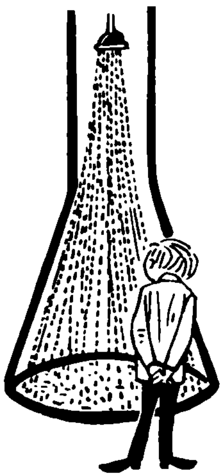
1. 17

కేథోడ్-రే గొట్టం లోపల వుండే ఎన్నో భాగాల్లో ఉష్ణదీప్త తీగని, కేథోడ్, ఆనోడ్‌లని కూడా మీరు చూసారు.

కేథోడ్-రే గొట్టంలోని ఆనోడ్, డయోడ్‌లోని ఆనోడ్‌లాగా వుండదు: దీన్ని సిలిండరు ఆకారంలో తయారుచేస్తారు.

ఎలక్ట్రాన్‌లు కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్ వైపు ఎగురుతూ ఆనోడ్‌లోనుంచి దూసుకుపోయి తెరకి గుద్దుకుంటాయి. తెర మీద ఒక ప్రత్యేక సంఘటన కలిగిన పదార్థాన్ని పూత పూస్తారు. తెరమీద ఎక్కడైతే ఎలక్ట్రాన్ వచ్చి ఢీకొంటుందో ఆ ప్రాంతం వెలగడం మొదలెడుతుంది.

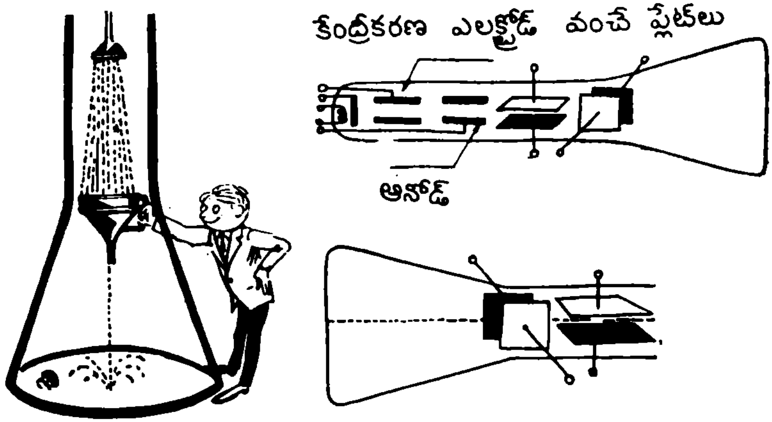




1. 18

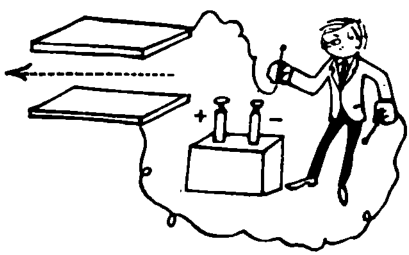
కేథోడ్ నుంచి ఎగురుతూ వచ్చే ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ తెర మీద ఒక బిందువు దగ్గర పడాలంటే వాటిని ఒక సన్నని కిరణపుంజంలా పోగుచెయ్యాలి. దీనికి ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎదురు తిరుగుతాయి, ఒకదాన్నొకటి దూరంగా తోసేస్తాయి. వీటన్నిటికీ ఒకే రకం ఆవేశం (ఋణావేశం) ఉండటమే దానికి కారణం. దీని మూలంగా ఎలక్ట్రాన్‌ల కిరణం ''ఉబ్బుతుంది.'' అప్పుడు తెరమీద చిన్న బిందువులా కాకుండా పులిమేసినట్లు పెద్ద మచ్చలా పడుతుంది.

1. 19



"చెప్పినమాట వినని" ఈ ఎలక్ట్రాన్‌లని ఒక దారిలోకి తీసుకువచ్చి సరిగ్గా ఒక బిందువు దగ్గర కేంద్రీకృతమయేలా చేయడంలో 'కేంద్రీకరణ ఎలక్ట్రోడ్' సహాయపడుతుంది. ఇది కూడా డొల్లగా వుండే సిలిండర్ రూపంలో వుంటుంది. ఇది వోల్టేజ్ జనకపు రుణ ధృవానికి కలపబడి వుంటుంది. అందువల్లనే దీని గోడలు అటూ, యిటూ పోతున్న ఎలక్ట్రాన్‌లని సిలిండర్ మధ్యకి తోస్తూ సన్నటి కిరణ పుంజంలా పోగుచేస్తాయి. ఈ కిరణపుంజం సిలిండర్ అనుధైర్ఘ్య అక్ష్యం వెంబడి పయనిస్తుంది.

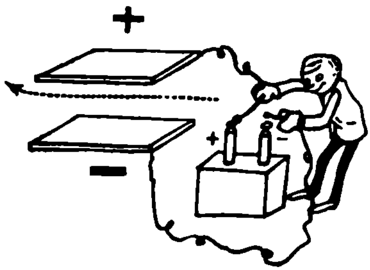
1. 20



కేథోడ్ నుంచి తెరను చేరుకునేటప్పుడు ఎలక్ట్రాన్ ప్లేట్ల మధ్యలో నుంచి ప్రయాణం చేస్తుంది. ప్లేట్లమీద ఎటువంటి వోల్టేజి ఉపయోగించని పక్షంలో ఎలక్ట్రాన్ వాటిని పట్టించుకోకుండా ఎగురుతూ పోయి తెర మధ్య భాగాన్ని ఢీకొంటుంది. దానిత

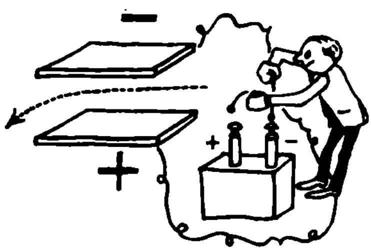
బాటు ఇతర సోదర ఎలక్ట్రానులు కూడా ప్రయాణం చేస్తూ తెరను చేరుకుని దాని మధ్యలో కాంతివంతమైన బిందువును ఏర్పరుస్తాయి.

1. 21



ఆటువంటి ప్లేట్ల జతకి వోల్టేజినిస్తే ఏమవుతుంది? ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ ధనాత్మక ఆవేశం ఉన్న ప్లేట్ వైపు మళ్ళుతాయి. అప్పుడు తెరపై మధ్యలో ఏర్పడిన బిందువు స్థానం కూడా పైకి మారుతుంది.

1. 22



ప్లేట్లకి యిచ్చిన వోల్టేజి సంజ్ఞలని మార్చడం ద్వారా బిందువు స్థానం కిందకి మారేట్లు చేయవచ్చు.

1. 23

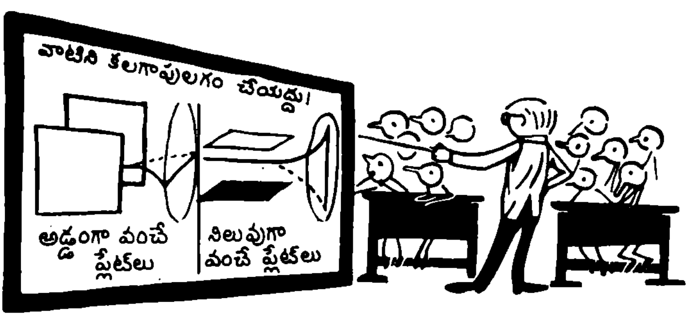
ప్లేట్ల రెండో జత, కిరణాన్ని, బిందువుని ఎడమ వైపుకో, కుడివైపుకో మార్చడానికి సహాయపడుతుంది.



1. 24

ముందు ముందు యీ ప్లేట్ల వ్యవహారంలో తికమక పడకుండా వుండడానికి ఒక సూత్రాన్ని ఎప్పటికీ గుర్తుంచుకోవాలి. పోస్టర్‌లో ఎడమవైపు వున్న ప్లేట్ల జత, నిలువుగా వున్నా కూడా, అవి కిరణపుంజాన్ని ఎడమ నుంచి కుడి వైపుకి వంచుతాయి. అందువల్ల వాటిని ''అడ్డంగా వంచే'' (హారిజాంటల్-డిఫ్లెక్షన్) ప్లేట్లు అంటారు. కుడి వైపున క్షితిజసమాంతరంగా ఉన్న ప్లేట్ల జతని నిలువుగా వంచే (వెర్టికల్-డిఫ్లెక్షన్)'' ప్లేట్లు అంటారు. ఎందుకంటే అవి కిరణపుంజాన్ని పైకో లేక కిందకో వంచుతాయి.

ఈ రెండు జతల ప్లేట్లూ గురిచూసి కొట్టే ఒక ప్రత్యేకమైన సాధనం లాంటివి. వీటి ద్వారా కిరణపుంజాన్ని ఎటు కావాలంటే అటు వంచుతూ తెరమీది ఏ బిందువునైనా గురిచూసి కొట్టవచ్చు.



తుపాకీ పట్టుకుని

డయోడ్ అన్నా అది ఎలక్ట్రానిక్స్ కిందకే వస్తుంది. కొన్ని నిర్దిష్ట సాంకేతిక అవసరాల కోసం దీన్ని రూపొందించారు. ఆ రోజుల్లో ఎటువంటి సాంకేతిక అవసరాలూ వుండేవి కావు. ఎలక్ట్రానిక్సూ లేదు, అయితే ఎలక్ట్రాన్ని అధ్యయనం చేయాలనే సహజమైన కోరిక మాత్రం భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులకే ఉండేది. అందుకనే రెండు-ఎలక్ట్రోడ్ల వాల్వు (డయోడ్) ని రూపొందించడానికి 40 సంవత్సరాల క్రితమే కేథోడ్-రే గొట్టం అవతరించింది. ఒక్క ప్రాయోగిక పరికరంగానే దీన్ని భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు రూపొందించారు.

భవిష్యత్తులో ఎన్ని విభిన్న రంగాల్లో యీ గొట్టం ఉపయోగపడగలదో ఆరో జుల్లో ఎవరికీ ఊహకైనా తట్టలేదు. రాడార్‌లోనూ, టెలివిజన్‌లోనూ, అంతరిక్షం నుంచి సంకేతాలని పొందడంలోనూ, ఎన్నో లేబరేటరీ పరిశోధనల్లోనూ, ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లలోని మెమొరీ సాధనాల్లోనూ యీ గొట్టం లేనిదే పని జరగదు. ఈ గొట్టంతో తొలి ప్రయోగాలని నిర్వహించిన ప్లక్కెర్, కిర్‌ఖ్నర్, హిట్టార్ఫ్, క్రూక్స్, పెరిన్, విల్లార్డ్ మొదలైన భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు తమ ముందు వుంచుకున్న లక్ష్యం ఎంతో చిన్నది. వాళ్లు దానితో ఎలక్ట్రాన్ల ప్రవర్తనని మాత్రమే అర్థంచేసుకోవాలనుకున్నారు.

గొట్టంలో కంట్రోలు చేయడానికి వీలైన కిరణపుంజాన్ని సృష్టించే సాధనానికి ఎవరో "ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీ" అనే సరైన పేరుపెట్టారు

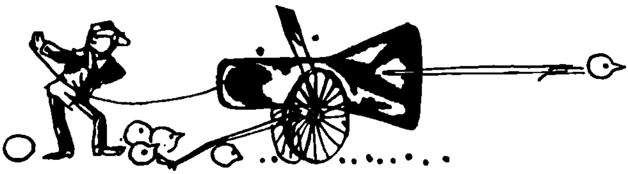
నిజంగా కూడా అది అలాగే ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు తుపాకీ గుళ్ల లాంటివి. తుపాకీ గొట్టం నుంచి గుళ్లని బయటికి పేల్చడానికి అక్కడ అధిక పీడనం గల వాయు వులుంటే, యిక్కడ ఆనోడ్ ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఉంటుంది. కేంద్రీకరణ ఎలక్ట్రోడ్ తుపాకీ గొట్టంలా ఉంటుంది. దీని మూలంగా ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ మూకుమ్మడిగా లక్ష్యానికి దగ్గరగా చేరతాయి (1. 19 చూడండి). కంట్రోలు చేసే ప్లేట్లు తుపాకీలో గురి చూసే సాధనాలు లాంటివి. (1. 20–1. 24 చూడండి).

మామూలుగా పెట్టిన తుపాకీ అన్న పేరుకు తగ్గట్టే ఈ సాధనం గురితప్పకుండా వాస్తవంలో శత్రువుల లక్ష్యాన్ని ఛేదించడంలో మనిషికి సహాయ పడుతుందని ఎవరు కలగన్నారు?

రాడార్ కేంద్రాలలోని ఇండికేటర్లలో ఉపయోగించడానికి పూర్వం "ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీ"కి ఎన్నో శాంతియుత ప్రయోజనాలు ఉండేవి.

ఒక శతాబ్దం క్రితమే భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు "ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీలు" సృష్టించే కిరణాల స్వభావాన్ని పరిశోధించడాని ప్రయత్నించారు (ఆరోజుల్లో వీటికి కేథోడ్ కిరణా లనే పేరుండేది).

ఈ కిరణాలు ఎప్పుడూ 'విద్యుత్ జనకం' లో ధన ధృవానికి కలపబడిన ప్లేట్ వైపు వంగుతాయని ముందుగా నిర్ధరించారు. దీన్నుంచి, కిరణం అంటే ఒక ఎడతెగని రుణావేశిత కణ ప్రవాహమనే నిర్ధారణకు వచ్చారు.



ఆ తర్వాత ఈ కణాల వేగం, ద్రవ్యరాశులని కనుక్కోగలిగారు. ఆవిధంగా ''ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీ'' అదృశ్య ఎలక్ట్రాన్ల ధర్మాలని అర్థం చేసుకోవడంలోనూ, అభౌతికమైన విద్యుచ్ఛక్తిలోని భాగాలని ''భౌతిక స్వరూపం'' గల ఎలక్ట్రాన్లుగా అర్థం చేసుకోవడంలోనూ సహాయపడింది.

దీని ఫలితంగా సరిగ్గా అలాంటి తుపాకీల సహాయంతోనే ఇంజనీర్లు టెలివిజన్ తెరల మీద స్పష్టమైన చిత్రాలని పొందగలిగారు. టెలివిజన్ రూపొందడానికి ఎన్నో సంవత్సరాల ముందు, ప్రయోగశాలలో ఆసిలోస్కోప్ అనే పరికరం నిర్మించబడింది. అంతకు పూర్వం పరిశోధకుల ఊహలో మాత్రమే ఉన్న ఎన్నో విద్యుత్ ప్రక్రియలని పరిశీలించే అవకాశాన్ని ఈ పరికరం కల్పించింది.

ఉదాహరణకి, విద్యుత్ స్పందనాన్ని (పల్స్) తీసుకుందాం. అసలు ఈ విద్యుత్ స్పందనం అంటే ఏమిటి? ఒక సర్క్యూట్‌లోని తీగల గుండా, అంశాల గుండా ఒకే సమయంలో ప్రవహిస్తున్న అసంఖ్యాకమైన ఎలక్ట్రాన్లు కలిగించిన అఘాతం (షాక్) అని చెప్పవచ్చు.



ఏదైనా మెట్రో స్టేషన్‌లో ఎస్కలేటర్* దగ్గర జరిగే విషయాన్ని గమనించండి.

---

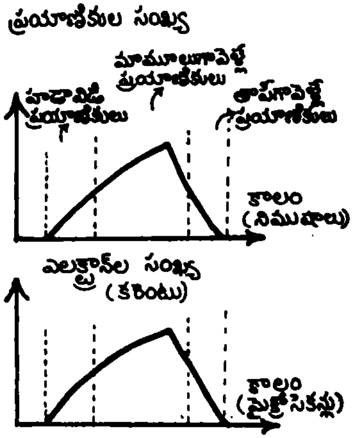
* మెట్రో అంటే భూగర్భ రైలు మార్గం. లోపల్నుంచి పైకి ప్రయాణీకులని చేరవేసేదే ఎస్కలేటర్. దీన్ని కదిలే మెట్లు అనవచ్చు.

దాని మీద మనుష్యులు సమానంగా ఉండరు. ప్లాట్‌ఫారమ్ మీదకి రైలు వచ్చి ఆగగానే ప్రయాణీకులంతా ఎస్కలేటర్ వైపుకు వెళ్తారు. మరీ తొందరలో ఉన్నవాడు ఎస్కలేటర్ దగ్గరికి పరుగెడతాడు కూడానూ. తర్వాత ప్రయాణీకుల ప్రధానమైన గుంపు వస్తుంది. వెంటనే కదిలే మెట్లు మనుష్యులతో కిటకిటలాడతాయి. తర్వాత ఎస్కలేటర్ ఖాళీ అయిపోతుంది. స్పందనం పూర్తయిపోయింది. మళ్లీ రైలు రాగానే అంతా తిరిగి అలాగే జరుగుతుంది.

మెట్రో ఉదాహరణ స్పందన సర్క్యూట్‌లో జరిగే ప్రక్రియని పోలివుంటుంది. మెట్రోలో రైలుని స్పందన జెనరేటర్‌తో పోల్చవచ్చు. ఎస్కలేటర్‌ని తీగ అంటే వాహకమని అనుకోవచ్చు. ఇక్కడ ప్రయాణీకులు సరిగ్గా ఎలక్ట్రాన్‌ల లాగానే ప్రవర్తిస్తున్నారని చెప్పవచ్చు.

కాలాన్ని బట్టి కరెంటు ఎలా మారుతుందో చూపించే గ్రాఫు ఎస్కలేటర్ ప్రయాణీకుల్ని పైకి చేరవేయడాన్ని చూపించే గ్రాఫుని చాలా పోలి వుంటుంది.

ఏటొచ్చీ, ఉన్న తేడా అల్లా ఎందులోనంటే మెట్రోలో జరిగే సంఘటనలు కొన్ని నిముషాలలో జరిగితే విద్యుత్ స్పందనం ఒక సెకనులో మిలియవో వంతు కాలంలో అవతరించి మాయమైపోతుంది. అంత తక్కువ కాలంలో దేన్నయినా వివరంగా చూడటం సాధ్యపడుతుందా? సెకనులో మిలియన్ల వంతు కాలంలో పుట్టి, అంతరించే స్పందనాన్ని గుర్తించగలిగే వ్యక్తి ఉన్నాడా?



అక్కడ అసలు తొందరపడాల్సిన అవసరమే లేదని తేలింది. క్షణికమైన ఆ స్పందనాలు తెర మీద జాడలని ఏర్పరుస్తాయి. ఈ జాడ చెప్పుకోతగినంతసేపు నిలిచి ఉం

టుంది. ఈ సమయంలో ఇంజనీర్లు, శాస్త్రజ్ఞులు దాని రూపాన్ని అంచనా వేస్తూ, అతి తక్కువ కాలంలో విద్యుత్ కరెంటు ఎలా పెరుగుతుందో, నిలిచి వుంటుందో తిరిగి మాయమై పోతుందో గమనించ గలుగుతారు.

కేథోడ్-రే గొట్టాలు ఇంజనీర్లకి ఈ అవకాశాన్ని కల్పిస్తున్నాయి.

అదృశ్య పదార్థాల జాడలు

సెకనులో మిలియన్ వంతు... ఈ కాలం ఎంత తక్కువంటే, దాన్ని ఊహించడం కూడా కష్టమే.

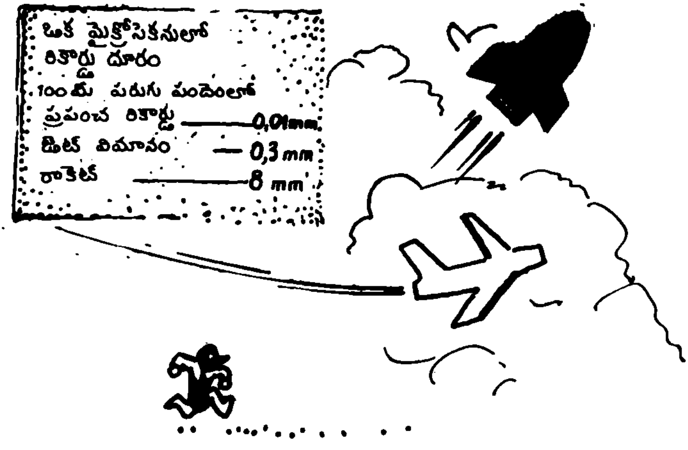
పరుగు పందెంలో 100 మీటర్లని 9. 8 సెకనుల కాలంలో అధిగమించి ప్రపంచ రికార్డుని నెలకొల్పిన వాడు కూడా సెకనులో మిలియను వంతు కాలంలో మిల్లీమీటర్‌లో వందో వంతు దూరం మాత్రమే పరుగెట్టగల్గుతాడు.

జెట్ విమానం ఆ కాలంలో 0. 3 మిల్లీమీటరు దూరం ఎగురుతుంది. ఈ విమానం ధ్వని వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుందని మర్చిపోకూడదు! అంతరిక్ష వేగంతో చలిస్తూ ఉప గ్రహాన్ని కక్ష్యలోకి తీసుకువెళ్లే రాకెట్ ఆ కాలంలో భూమి నుంచి 8 మిల్లీమీటర్ల దూరం మాత్రమే ఎగురుతుంది.

అదే, ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లో ఒక సెకనులో మిలియన్ వంతు కాలంలో ఎన్ని సంఘటనలు చోటు చేసుకుంటాయంటే, వాటి గురించి చెప్పడానికి కొన్ని గంటల కాలం పడుతుంది.

ఎలక్ట్రాన్‌ల జీవితానికి సంబంధించిన కాలమానం వేరేగా వుంటుంది. అవి ఎప్పుడూ కదుల్తూ ఎంత చురుగ్గా ఉంటాయంటే సెకనులో ఒక మిలియన్ వంతు కాలంలో అసంఖ్యాకంగా వేర్వేరు పనులని ఎన్నిటినో చక్కబెట్టుకోగలుగుతాయి.

...ఒక స్పందనం సెకనులో ఒక మిలియన్ వంతు కాలంపాటు ఉంటుంది. ఈ కాలంలో కేథోడ్-రే గొట్టపు కిరణపుంజం ఎడమ వైపు నుంచి కుడివైపుకు తెర మొత్తాన్నంతటినీ దాటగలుగుతుంది. కిరణపుంజం తన ప్రయాణం ప్రారంభించిన సమయంలోనే స్పందనం "నిలువుగా వంచే" ప్లేట్ల మీద పడి ఆ కిరణపుంజాన్ని పైకి వంచుతుంది. వంగిన కిరణపుంజం ఎడమ నుంచి కుడికి తన ప్రయాణాన్ని కొనసాగిస్తూనే ఉంటుంది. స్పందనం అయిపోగానే అది తెర మధ్య భాగానికి దిగుతూ తన ప్రయాణాన్ని పూర్తిచేస్తుంది. దీని ఫలితంగా తెర మీద కిరణపుంజపు జాడ మిగుల్తుంది. మనం తెర మీద నిజంగా చూసింది — ఆ స్పందనపు ఆకారాన్నే. ఈ జాడని చూడగానే సెకనులో ఒక మిలియన్ వంతు కాలంలో విద్యుత్ కరెంటు ఎలా పెరుగుతూ వచ్చిందో



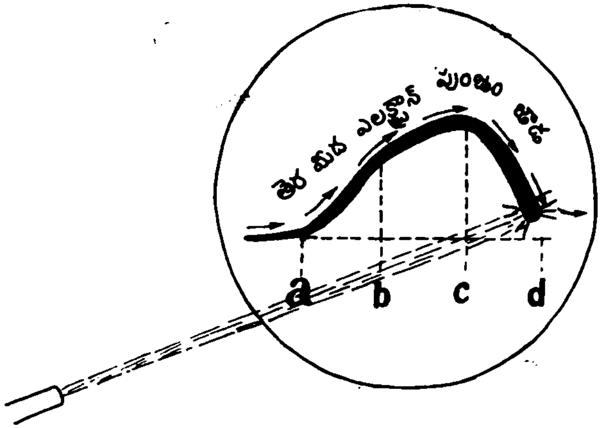
(a—b భాగం), ఎలా నిలిచివుందో (b—c), ఎలా అంతమైందో (c—d) మనకి అర్థమవుతుంది.

కేథోడ్-రే గొట్టపు తెర నిజంగానే అద్భుతమైన తెర అయి కూర్చుంది. కంటి కగుపడని ఎస్కిలేటర్ల మీద అదృశ్య ప్రయాణీకుల కదలికని ఈ తెర మీద చూపించ గలిగింది. అంటే సర్క్యూట్ లోపలి తీగల్లోనూ, అంశాల్లోనూ విద్యుత్తు ఎలా ప్రవ హిస్తుందో గమనించ వచ్చన్నమాట.

తెర మీది బొమ్మ ఆట్టే సేపు ఉండదు. ఒక ప్రత్యేక సమ్మేళనం గల పదార్థంతో తెర మీద పూత పూస్తారు. ఈ పదార్థం కిరణపుంజం పరుగెత్తిన తర్వాత కొన్ని సెకనులో లేక సెకనులో కొంత కాలమో వెలుగుతుంది. కాని ఎలక్ట్రానిక్స్ ఒంటరి స్పందనాలని విడివిడిగా చాలా అరుదుగా ఉపయోగించుకుంటుంది.

సాధారణంగా ఇవి ఒకదాని వెంబడి మరొకటిగా వస్తూ, ప్రతీ స్పందనం కిరణ పుంజం వంగేలాగా, తన జాడని తిరిగి మొదలెట్టేలాగా చేస్తుంది. స్పందనం ఉన్నం తసేపూ కిరణపుంజం తెరమీద ఎడమ వైపు నుంచి కుడి వైపుకి పరుగెడుతుంది. తర్వాత ఎంతో వేగంగా, త్రుటి కాలంలో తెర ఎడమ అంచుని అది చేరుతుంది. మళ్లీ తిరిగి పరుగు మొదలెడుతుంది.

"ఎంతో వేగంగా" అంటే ఏమిటి? ఎడమ నుంచి కుడికి కిరణపుంజం పరుగె ట్టేంది, సెకనులో మిలియనో వంతు కాలంపాటు మాత్రమే. ఈ సందర్భంలో, ఎడమ నుంచి కుడికి జరిగిన యాత్రా వేగం, మనకి తెలిసిన భాషలో చెప్పుకోవాలంటే, సెకనుకి



100 కిలోమీటర్లు. లేక గంటకి 360 000 కిలోమీటర్లు. కిరణపుంజం తెర మీద కాకుండా భూమి మీద పరుగెత్తి ఉండివుంటే, దాని జాడ ఒక గంటకి భూమి చుట్టూ 10 సార్లు తిరిగివుండేది.

ఇది ఎంతో ఎక్కువ వేగం కాదూ? అవును, ఎక్కువ వేగమే. కాని ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఆ వేగాన్ని కూడా మించిన వేగాలున్నాయనే చెప్పాలి. ఎడమ నుంచి కుడికి కిరణపుంజం ఎంతో వేగంతో పరుగెడుతుంది. కుడి నుంచి ఎడమకి అంటే తిరుగు ప్రయాణంలో సుమారు 100 రెట్లు యింకా ఎక్కువ వేగంతో పరుగెడుతుంది.

ఈ జాడల పరుగు వేగం దేని మీద ఆధారపడి ఉంటుంది? తెర చివరిదాకా పరుగెత్తిన కిరణపుంజాన్ని వెనుతిరిగి వచ్చేలా చేసేదేమిటి? ఈ ప్రశ్నలకి జవాబులు యివ్వాలంటే ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాన్ని కంట్రోలు చేసే సూత్రాల గురించి చెప్పాల్సి ఉంటుంది.

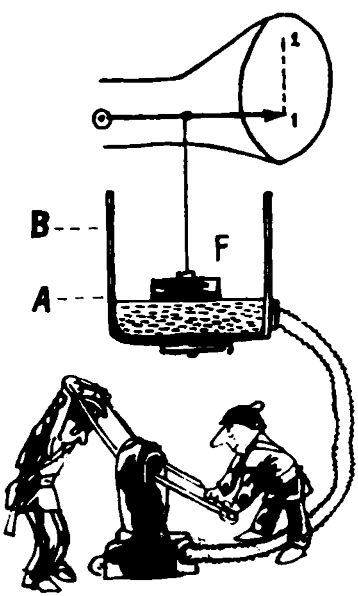
దాదాపు చిక్కు ప్రశ్నల పుస్తకంలో లాగే

కిరణపుంజం ఎలక్ట్రాన్‌ల ద్వారా కంట్రోలు చేయబడుతుంది. ఈ ప్రక్రియలో ఎన్నో ఎలక్ట్రాన్‌లు పాల్గొంటాయి: కొన్ని విద్యుత్ స్పందనాన్ని రూపొందిస్తాయి. మరికొన్ని ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీ నుంచి దూసుకువచ్చి కేథోడ్ నుంచి గొట్టంలోని తెరవైపుకి పరుగెడతాయి. అదే సమయంలో మిగతావి కిరణాన్ని కంట్రోలు చేస్తాయి. ''ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లో సెకనులో ఒక మిలియన్ వంతు కాలంలో జరిగే సంఘటనల

గురించి గంటల కొద్దీ చెప్పచ్చు'' అనడానికి కారణం సరిగ్గా ఇదే. ఇక్కడ మనం అన్ని అంశాల గురించీ వివరంగా చెప్పకోలేము. కాని ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాన్ని కంట్రోలు చేయడానికి సంబంధించిన సూత్రాన్ని గురించి మాత్రం కొంచెం వివరంగా చెప్పకోవాలి. ఎందుకంటే మనం చెప్పకునేది తొలి ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం సంగతి కదా! దీనిలో బహుళ సంఖ్యలోని ఎలక్ట్రాన్ల చర్య మూలంగా క్లిష్టమైన ఒకే ఒక ప్రక్రియ రూపొందు తుంది. ఎలక్ట్రాన్ ప్రక్రియని అనుభూతి చెందలేం, కంటితో చూడలేం. కాబట్టి, ముందు మనం ఊహాజనిత నమూనా సహాయం తీసుకుందాం. దీని ద్వారా బరువూ తెలుసుకోవచ్చు, కంటితోనూ చూడవచ్చు, ఇది మరీ కచ్చితమైనది కాదు. అయినప్పటికీ ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాన్ని కంట్రోలు చేసే ప్రక్రియని ఈ నమూనా దాదాపు కచ్చితంగా చూపిస్తుంది.

ఒక నిర్దిష్టమైన ఘనపరిమాణం (ఉదాహరణకి C లీటర్ల) గల రిజర్వాయర్‌ని ఊహించుకోండి. ఈ రిజర్వాయర్‌ని సన్నటి గొట్టం ద్వారా నీటితో నింపుతారు. T కాలంలో రిజర్వాయర్‌లో నీటి మట్టం A నుండి B దాకా పెరుగుతుందనుకుందాం.

రిజర్వాయర్‌లో నీటి మట్టం పెరుగుతూండే కొలదీ ప్లవం (నీటిమీద తేలే వస్తువు) F పైకి తేలుతూ ముల్లుని తిప్పుతూ ఉంటుంది. మన నమూనాలో ముల్లు కిరణపుంజం పాత్ర వహిస్తుంది. T_1 కాలంలో ముల్లు చివర తెర మీద బిందువు 1 నుంచి పైకి బిందువు 2 దగ్గరికి జరుగుతుంది.

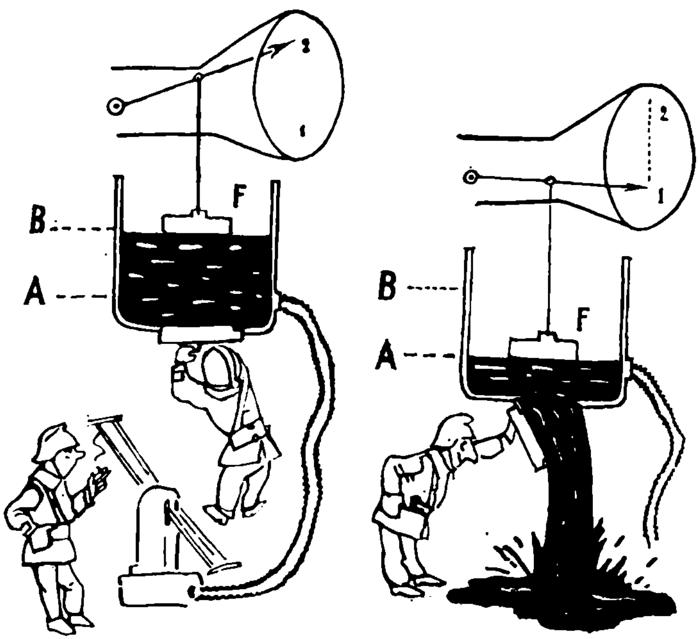


ఈ సమయంలో రిజర్వాయర్ కింద వుండే కంత తెరుచుకుంటుంది. మట్టం B నుంచి Aకి తగ్గిపోతుంది. గొట్టపు రంధ్రం కంటే రిజర్వాయర్ కంత వెడల్పుగా ఉండడంతో రిజర్వాయర్‌లో నీరు నిండడం కంటే ఖాళీ అవడం చాలా తొందరగా, అంటే T_2 కాలంలో జరుగుతుంది. అప్పుడు ముల్లు – కిరణపుంజం బిందువు 2 నుంచి బిందువు 1కి తిరిగివస్తుంది. మన నమూనాని చూస్తే మీకు స్కూలు పిల్లల ప్రశ్నావళిలోని

తొట్టెలు గుర్తుకురావడం లేదూ?: "A గొట్టం నుంచి తొట్టెలోకి ఒక నిముషానికి X లీటర్ల నీటిని పంపుతూన్న సమయంలో B గొట్టం నుంచి Y లీటర్ల నీరు బయటకు పోతుంది..." ఈ రెండింటి మధ్య కూడా తేడా ఉంటుంది. అక్కడ తొట్టెల్లో రెండు గొట్టాల నుంచీ కూడా నీరు ఒకే సమయంలో ప్రవహిస్తూంటుంది. కాని మన నమూనాలో గొట్టాలు ఒకదాని తర్వాత మరొకటి వరుసవారీగా పనిచేస్తుంటాయి. దీని ఫలితంగా T_1 కాలంలో ముల్లు నెమ్మదిగా పైకి లేచి తర్వాత T_2 కాలంలో తొందరగా కిందకి పడిపోతుంది.

పైన వర్ణించబడిన ప్రక్రియ గ్రాఫు రూపంలో చూపబడింది. దీనిలో T_1 కాలంలో నీటి మట్టం నెమ్మదిగా A నుంచి Bకి ఎలా పెరుగుతుందో, T_2 కాలంలో తొందరగా B నుంచి Aకి ఎలా పడిపోతుందో చూడవచ్చు.

ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లో ప్రక్రియ ఎలా జరుగుతోందో అర్థం చేసుకోవడం యిప్పుడు బహుశా తేలిక అవుతుంది. "రిజర్వాయర్"లా క్షమశీలి (కెపాసిటర్) C, "పంపు"లా కరెంటు జనకం E, "గొట్టం" లా అధిక నిరోధం (రెసిస్టెన్స్) గల R_1లు పనిచేస్తాయి.



కెపాసిటర్ ఆవేశపూరితం అవుతున్న కొలదీ రిజర్వాయర్‌లో నీటి మట్టం పెరుగుతూ వస్తుంది, మన విషయంలో కెపాసిటర్ ప్లేట్ల మధ్య వోల్టేజి మట్టం పెరుగుతుంది. దీన్ని సాధారణంగా V_c ద్వారా చూపిస్తారు.

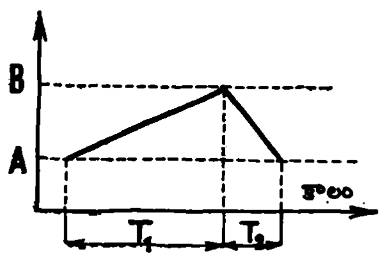
స్విచ్ K ఒక ప్రత్యేకమైన కంత లాంటిది: ఇది అల్ప నిరోధం గల R_2 ద్వారా కరెంటు ప్రవహించడానికి దారి తెరుస్తుంది. ఆవిధంగా అది మట్టం తగ్గిపోవడానికి సహాయపడుతుంది. గొట్టపు నిరోధం R_1 కంటే R_2 నిరోధం బాగా తక్కువగా ఉండడంతో కెపాసిటర్‌లో వోల్టేజి V_c నుంచి సున్నాకి అతి తొందరగా పడిపోతుంది.

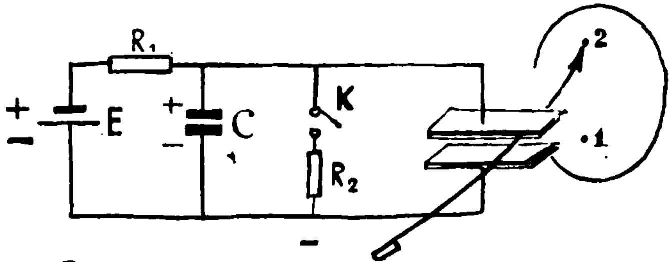
పై ప్రక్రియకి చెందిన గ్రాఫుని మనం ఇంతకు ముందే అధ్యయనం చేశాం. నిలువు అక్షంలో రిజర్వాయర్‌లో నీటి మట్టం బదులు కెపాసిటర్ V_cలో వోల్టేజి ఉంచుదాం.

ఈ గ్రాఫు పంటి ఆకారంలో ఉంటుందని గమనించడం కష్టమేమీ కాదు. ఈ ప్రక్రియ ఎన్నో సార్లు జరిగితే ఎన్నో పళ్లు ఏర్పడతాయి. అవన్నీ కలిసి రంపం ఆకారంలో ఉంటాయి. అటువంటి రంపం ఆకారపు వోల్టేజే కిరణాన్ని కంట్రోలు చేస్తుంది. కెపాసిటర్‌ని నిలువు ప్లేట్లకి కలిపితే కిరణం క్షితిజ సమాంతరపు తలంలో కదులుతుంది. T_1 కాలంలో (పంటి పొడుగాటి ఏటవాలు) కిరణం ఎడమ నుంచి కుడికి మారుతుంది, T_2 కాలంలో (పంటి పొట్టి ఏటవాలు) తిరిగి వెనక్కి తొందరగా వెళ్లిపోతుంది.

కిరణపు వేగం రిజర్వాయర్ నిండే వేగం, అంటే V_c వోల్టేజి పెరిగే వేగం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. కెపాసిటర్ పూర్తిగా ఆవేశితం కాకపోతే (చార్జి అవకపోతే) ఈ వేగం దాదాపు సమానంగా ఉండి కిరణం స్థిరమైన వేగంతో తెరని దాటుతుంది. కిరణపు వేగాన్ని నిలిపి ఉంచాలంటే రిజర్వాయర్ కెపాసిటీ ఎప్పుడూ కొంచెం ఖాళీగా ఉండేట్లు చూస్తారు. రిజర్వాయరుని అంచుల దాకా పూర్తిగా ఉండేటట్లు ప్రయత్నిస్తారు.

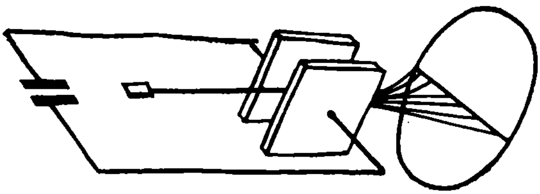
ఈ సూత్రాన్ని పూర్తిగా అర్థం చేసుకోవడానికి ఇంక ఒకే ఒక సమస్యని పరిష్కరించాల్సి వుంది.





R_1 — అధిక విలువగల రెసిస్టర్ (హోస్)
K — స్విచ్ (షోర్ట్)
R_2 — అల్ప విలువగల రెసిస్టర్ (డ్రెయిన్)

మన ఊహాజనిత నమూనాలో రిజర్వాయర్‌లో నుంచి నీటిని తోడెయ్యడంకోసం ఉన్న కంతని కావల్సినప్పుడు మనంతట మనమే తెరిచాం. మరి మనం పైన చెప్పుకున్న సర్క్యూట్‌లో అవసరమైన క్షణంలో స్విచ్‌ని ఎవరు నొక్కుతారు?



ఈ సమస్యని "మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు–ట్రయోడ్" సహాయంతో పరిష్కరించవచ్చు. ఇప్పుడు మనం చెప్పుకునేది సరిగ్గా దాని గురించే.

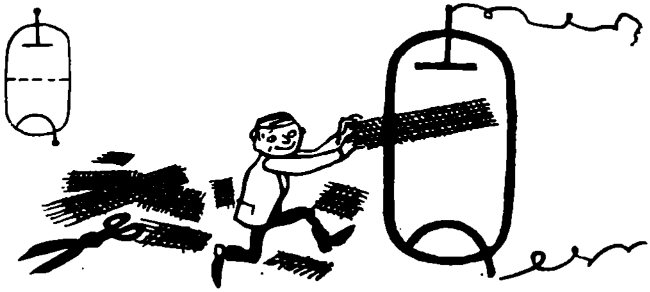
గ్రిడ్ విప్లవాన్నే తెచ్చింది

ఇదీ మూలాంశం

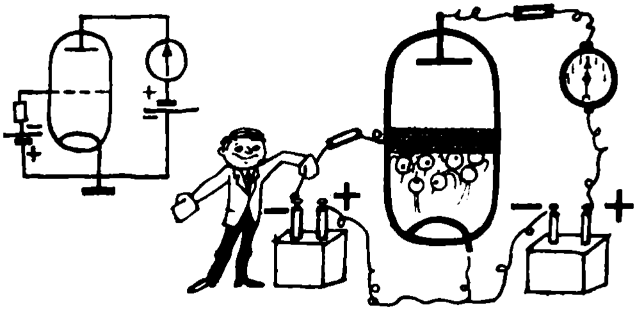
1. 25

మనం ఇంతకుముందే పరిశీలించిన వాల్వుల–డయోడ్‌ల కేథోడ్ ఆనోడ్‌ల మధ్య మూడో ఎలక్ట్రోడ్‌ని (కంట్రోలు చేసే గ్రిడ్) ఉంచడం వలన వాల్వులో ప్రవహించే విద్యుత్‌ని కంట్రోలు చేయడం సాధ్యపడింది.

మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు అవతరించిన తర్వాత (వీటినే ట్రయోడ్‌లని పిల వసాగారు) ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులని ఉపయోగించే శాఖలు ఎంతో విస్తృతమయాయి.



1. 26

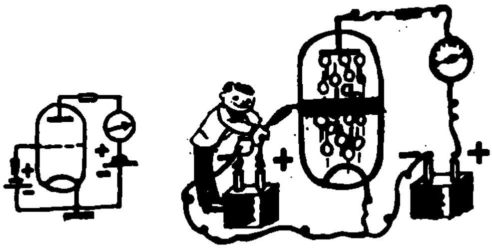


ట్రయోడ్‌లో కరెంటుని కంట్రోలు చేయడం కోసం కేథోడ్ గ్రిడ్‌ల మధ్య వోల్టేజిని ప్రవేశపెడతారు. ఎక్కువగా ఉండే రుణాత్మక పొటెన్షల్ మూలంగా (కేథోడ్‌తో పోల్చుకుంటే) అది ఎలక్ట్రాన్‌లు అధిగమించలేని అడ్డంకిగా తయారవుతుంది. అప్పుడు కేథోడ్‌కీ గ్రిడ్‌కీ మధ్య ఉండే జాగాలో ఎలక్ట్రాన్‌ల త్రొక్కిసలాట మొదలవుతుంది. డయోడ్‌లో లాగానే ఇక్కడా కేథోడ్‌కి మైనస్, ఆనోడ్‌కి ప్లస్ కలిపినా సరే కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్‌కి విద్యుత్తు ప్రవహించదు. వాల్వు మూసుకుపోయినట్లు అవుతుంది.

1. 27

ఎలక్ట్రాన్‌ల త్రొక్కిసలాట లేకుండా చేయాలంటే గ్రిడ్ మీద మైనస్ స్థానంలో ప్లస్‌ని వుంచితే చాలు. గ్రిడ్ మీద ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఆనోడ్‌కి సహాయ పడుతుంది. ఎందుకంటే గ్రిడ్ మీది ధనాత్మక పొటెన్షల్, ఆనోడ్ మీది ధనాత్మక పొటెన్షల్ రెండూ

ఒకదానికొకటి జోడవుతాయి. వాల్వులో విద్యుత్ ప్రవాహం తీవ్రమవుతుంది. కాని గ్రిడ్‌మీది ధనాత్మక పొటెన్షల్ మరీ ఎక్కువగా ఉంటే అది ఆనోడ్‌కి సహాయం చేయడం బదులు దానితో పోటీకి దిగుతుంది. అలాంటప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌లలో కొంత భాగం గ్రిడ్‌తో ఆకర్షించుకోబడి, ఇంక ఆనోడ్‌ని జేరవు. వాల్వులో ప్రమాదకరమైన గ్రిడ్ కరెంటు ఏర్పడుతుంది.



1. 28



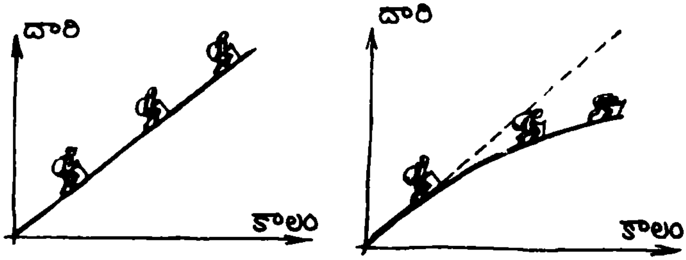
మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వులో జరిగే ప్రక్రియల గురించి చెప్పుకున్నదంతా వక్ర రేఖ (కర్వ్) రూపంలో చూపించవచ్చు. వాల్వులో ఎలక్ట్రోడ్‌ల మధ్య వోల్టేజి మీద ఆధారపడి ఆనోడ్‌కి కరెంటు ఎలా మారుతుందో వక్రం చూపిస్తుంది. ఈ రేఖనే వాల్వు విశిష్ట లక్షణం అంటారు.

1. 29

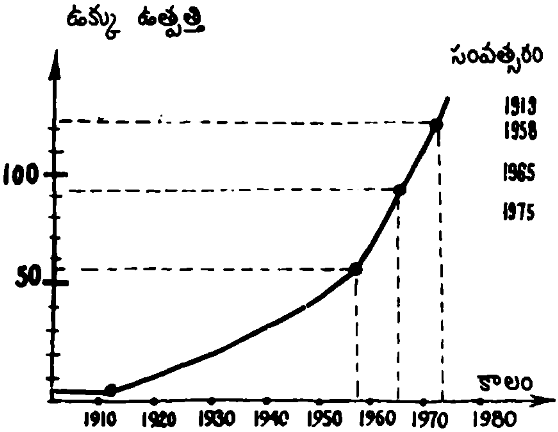
వాల్వు విశిష్ట లక్షణం అంటేనే గ్రాఫు.

గ్రాఫులు ఎందుకోసం? ఏవైనా రెండు పరిమాణాలు ఏవిధంగా ఒకదానిమీద మరొకటి ఆధారపడి ఉంటాయో ఆ గ్రాఫులు చూపిస్తాయి. ఉదాహరణకి, రోడ్డు మీద కాలినడకన వెళ్లేవాడు రోడ్డు మీద ఎంత ఎక్కువ కాలం ఉంటే అంత ఎక్కువ దూరం వెళ్తాడు. అతను సమాన వేగంతో నడిస్తే గ్రాఫు ఒకలా ఉంటుంది. అదే మార్గం చివర్లో అతను అలిసిపోతే ఆ గ్రాఫు ఇంకోలా ఉంటుంది.

ఆ సందర్భంలో మార్గం, కాలాల మధ్య సంబంధం అరేఖీయంగా (నాన్‌లీనియర్) ఉంటుందని అంటారు. అలాంటప్పుడు ఆ గ్రాఫు సరళ రేఖగా ఉండకుండా, వక్రరేఖగా ఉంటుంది.



1. 30



సంవత్సరం	ఉక్కు ఉత్పత్తి (మిలియన్ల టన్నులు)
1913	4,2
1958	5 5
1965	90
1975	120

ఇంకో రకం గ్రాఫు — ఏదైనా సరకు ఉత్పత్తిలో పెరుగుదల అందరికీ తెలిసిందే. బొమ్మలో స్టీలు ఉత్పత్తికి సంబంధించిన గ్రాఫు చూపబడింది. ఇక్కడ కూడా అది అరేఖీయమే. ఏళ్లు గడిచిన కొద్దీ స్టీలు ఉత్పత్తి శీఘ్రంగానూ అతి శీఘ్రంగానూ పెరుగుతోంది.

ముందు ఇచ్చిన ఉదాహరణల్లో రకరకాల పరిమాణాలు (మార్గం, స్టీలు పరిమాణం) కాలం మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటాయో గ్రాఫుల ద్వారా చూశాం. అదే విధంగా ఏ పరిమాణాల మధ్యనైనా సరే ఉండే సంబంధాన్ని గ్రాఫు ద్వారా చూపించవచ్చు. విమానం ఎగిరే దూరం ఇంధనం పరిమాణం మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో చూపించవచ్చు. దాని వేగం ఇంజను శక్తి మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో చూపించవచ్చు. గాలి నిరోధం విమానం వేగం మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో అలా ఇంకా ఎన్నో విషయాలను చూపించవచ్చు.

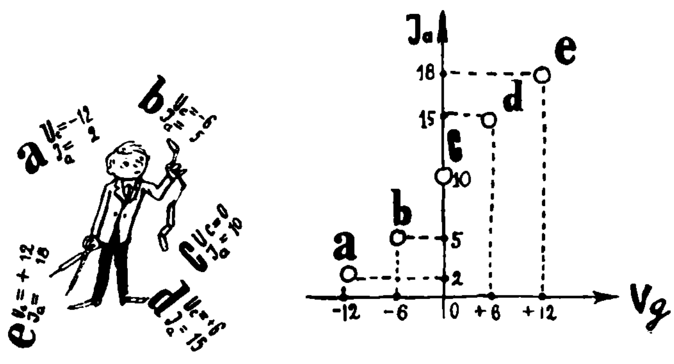
1. 31

ఇప్పుడు వాల్వుల విశిష్ట లక్షణాలకి తిరిగి వద్దాం. ఆనోడ్ కరెంటు (I_a), కేథోడ్‌కి, గ్రిడ్‌కి మధ్య ఉండే వోల్టేజి (V_g) మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో దాన్నే వాల్వుకి చెందిన ఆనోడ్-గ్రిడ్ విశిష్ట లక్షణం అంటారు. ఆనోడ్ కరెంటు (I_a) ఆనోడ్ దగ్గరి వోల్టేజి మీద, ఇంకా కచ్చితంగా చెప్పాలంటే కేథోడ్, ఆనోడ్‌ల మధ్య వోల్టేజి V_a మీద ఆధారపడి ఉండడాన్ని వాల్వ్-ఆనోడ్ విశిష్ట లక్షణం అంటారు.

ఆనోడ్-గ్రిడ్ విశిష్ట లక్షణాన్ని ఈ విధంగా చూపించవచ్చు. వోల్టేజి $V_g = -12$ వోల్టులు, ఆనోడ్ కరెంటు $I_a = 2$ మిల్లీ ఆంపియర్‌లు (ఆంపియర్‌లో 2000వ వంతు) ఉందనుకుందాం.

గ్రాఫులోని క్షితిజసమాంతరపు అక్షంలో -12 వోల్టులు, నిలువు అక్షంలో 2 మిల్లీ ఆంపియర్‌లు ఉంచుదాం.

గ్రాఫులో అక్షాలకి సమాంతరంగా గీసిన సరళ రేఖలు ఖండించుకునేచోట బిందువు ఉంటుంది.

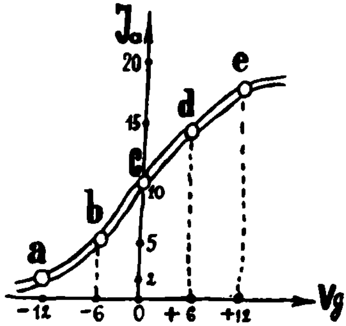


1. 32

వేర్వేరు వోల్టేజిల V_g దగ్గర అలాగే స్థిర వోల్టేజి V_a దగ్గర వేర్వేరు కరెంటు విలువలని I_a పొందుతాము. ఈ విలువలని గ్రాఫులో ఉంచడం ద్వారా b, c, d బిందువులని పొందుతాము.

వేర్వేరు V_g విలువలకి, అంటే -12 నుంచి $+12$ వోల్టుల దాకా అనేక బిందువులని గుర్తించి వాటిని కలిపితే వాల్వుకి చెందిన ఆనోడ్ – గ్రిడ్ విశిష్ట లక్షణాన్ని పొందుతాము.





ఇక్కడ కూడా గ్రాఫు అరేఖీయమనే విషయం మీరు గమనిస్తారు. *a* బిందువు దగ్గర కరెంటు మెల్లిగా పెరుగుతోంది, *b*, *d* బిందువుల మధ్య వేగంగా పెరుగుతోంది (అంతేకాదు రేఖీయంగా పెరుగుతోంది. *c* బిందువు దగ్గర పెరగడం మానేసింది).

1. 33

ఒక వ్యక్తి విశిష్ట లక్షణాలను గురించి ఎంత వివరంగా చెప్పినా ఆవ్యక్తి గురించి పూర్తిగా మనకి అర్థం కాదు.

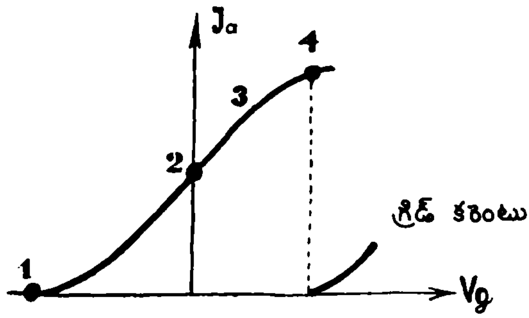
వాల్వుయొక్క విశిష్టం లక్షణం దాని ప్రవర్తన గురించిన ఎంతో సమగ్రమైన సమాచారాన్ని ఇస్తుంది. 1.26–1.27 భాగాలలో చెప్పుకున్న ప్రక్రియలన్నీ వాల్వుయొక్క విశిష్ట లక్షణంలో చూడవచ్చు.

బిందువు 1. కేథోడ్ గ్రిడ్‌ల మధ్య రుణాత్మక వోల్టేజి చాలా ఎక్కువగా ఉంది. గ్రిడ్ ఎలక్ట్రాన్‌లకి అధిగమించలేని అడ్డంకి అయింది. ఆనోడ్ కరెంటు సున్నాకి సమానం (1. 26 చూడండి).

బిందువు 2. గ్రిడ్‌కి కలపబడిన బేటరీని ఆఫ్ చేశారు. కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్ వైపు ఎగురుతాయి.

బిందువు 3. గ్రిడ్‌కి ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఇవ్వబడింది. అది ఆనోడ్‌కి సహాయం చేస్తుంది. ఆనోడ్ కరెంటు పెరుగుతుంది (1. 27 చూడండి).

బిందువు 4. గ్రిడ్ ఆనోడ్‌తో పోటీకి దిగింది. అపాయకరమైన గ్రిడ్ కరెంటు ఏర్పడింది (1. 27 చూడండి).



1. 34

V_g ని ఉదాహరణకి −6 నుంచి +6 వోల్ట్లకి మారిస్తే (అంటే 12 వోల్ట్లు) ఆనోడ్ కరెంటు 5 నుంచి 15 మిల్లీ ఆంపియర్లకి (అంటే 10 మిల్లీ ఆంపియర్లు) మారుతుందని విశిష్ట 'లక్షణం' సహాయంతో నిర్ణయించవచ్చు (1. 32 చూడండి).

గ్రిడ్ మీద పనిచేసే సంకేతం సాధారణంగా బాగా బలహీనంగా ఉంటుంది. కేథోడ్‌కీ గ్రిడ్‌కీ మధ్య వోల్టేజి −0.6 వోల్ట్ల నుంచి +0.6 వోల్ట్ల దాకా (అంటే 1. 2 వోల్ట్లు) మారిందని అనుకుందాం. అప్పుడు ఆనోడ్ కరెంటు 1 మిల్లీ ఆంపియర్‌కి మారుతుంది (విశిష్ట లక్షణపు రేఖీయ భాగంలో వోల్టేజికి కరెంటు అనులోమానుపాతంలో ఉందని గమనిస్తాం).

ట్రయోడ్‌లోని ఆనోడ్‌కి 24 కిలోఓమ్‌లున్న [24 వేల ఓమ్‌ల నిరోధకాన్ని (రెసిస్టర్)] కలిపితే కరెంటు కంపనాలు దానిలో ఓల్టేజి కంపనాలని ఏర్పరుస్తాయి. ఆ గరిష్ఠ కంపనాలలో వ్యత్యాసం 1×10^{-3} ఆంపియర్ $\times24\times10^{3}$ ఓమ్= 24 వోల్టులు



ఆనోడ్ లోడ్ అంటే, గ్రిడ్ మీద ఇవ్వబడిన 1.2 ఓల్ట్ల కంపనాలు ఆనోడ్ లోడ్‌లో 24 వోల్ట్‌లుగా మారిందన్నమాట. వాల్వు కంపనాలని 20 రెట్లు పెంచింది. ఈవిధంగా పెరగడానికి కారణం ట్రయోడ్‌లో గ్రిడ్ కేథోడ్‌కి దగ్గరలో ఉండడమే. గ్రిడ్ మీది పొటెన్షల్‌లో అతి స్వల్పమైన మార్పు వచ్చినా అది ఆనోడ్ కరెంటులో గమనించదగిన మార్పుని కలిగిస్తుంది. దాన్నిబట్టి ఆనోడ్ లోడ్‌లోని వోల్టేజి మారుతుంది. ఆ విధంగా అనేక ఆంప్లిఫైయర్ వాల్వులని ఒక వరుసలో అనుసంధిస్తే, బలహీనమైన సంకేతాన్ని కూడా వందల వేల రెట్లు, మిలియన్ల రెట్లు కూడా శక్తివంతం చేయవచ్చు.

ట్రయోడ్‌కి ఎంతో విలువైన ధర్మం ఉంది. ఆంప్లిఫై చేయగల్గిన సామర్థ్యమే ఆ ధర్మం. ఈ ధర్మాన్నే ఎలక్ట్రానిక్స్ అడుగడుగునా ఉపయోగించుకుంటోంది.

గ్రిడ్ సాయంతో

1956వ సంవత్సరం అక్టోబర్ 5వ తేదీన ఫ్రాన్స్‌కి చెందిన ఆవిష్కర్త లీ దె ఫోరెస్ట్‌కి ఎంతో ఉన్నత బహుమతిని – గౌరవనీయమైన లెజియన్ పతకాన్ని బహూకరించారు. అధికారికంగా పతకాన్ని ప్రదానం చేయబడిన సభలో ఈ యుగపు ప్రఖ్యాత భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు లూయి దె బ్రొగ్‌లీ పాల్గొన్నాడు. ఆ సభలో తొలి పలుకులు పలుకుతూ లూయి దె బ్రొగ్‌లీ ఇలా అన్నాడు: లీ దె ఫోరెస్ట్ అర్ధ శతాబ్దం క్రితం చేసిన ఆవిష్కరణ మూలంగా ఆధునిక విజ్ఞాన, సాంకేతిక శాస్త్రాల్లో అతి ప్రఖ్యాత వ్యక్తుల్లో లీ దె ఫోరెస్ట్ పేరుగాంచాడు.

తన ఉపన్యాసాన్ని ముగిస్తూ "విజ్ఞానశాస్త్రంలోని నిపుణులందరూ లీ దె ఫోరెస్ట్‌కి తమ గౌరవాన్ని, కృతజ్ఞతని తెలుపుతూ ఆయన పేరుని మననం చేసుకోవాలని" లూయి దె బ్రొగ్‌లీ చెప్పాడు.

అర్ధ శతాబ్దం గడిచినా కూడా కృతజ్ఞత తెలుపుతూ మననం చేసుకోవాల్సినంత అద్భుతమైన ఆవిష్కరణ ఏమిటో అది?

మామూలుగా చూస్తే ఇదేమీ అంత అద్భుతమైన ఆవిష్కరణ అనిపించదు. లీ దె ఫోరెస్ట్ ఈ ఆవిష్కరణని చేయడానికి మూడు సంవత్సరాల క్రితం ఫ్లెమింగ్ అప్పటికే మనకి తెలిసిన రెండు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వుని (1. 14, 1. 15 అని చూడండి) రూపొందించాడు. లీ దె ఫోరెస్ట్ చేసిందల్లా ఏమిటంటే, డయోడ్ వాల్వులోని కేథోడ్ ఆనోడ్‌ల మధ్య ఇంకో ఎలక్ట్రోడ్ ఉంచాలని ప్రతిపాదించడమే.

ఇందులో గొప్ప విషయం ఏముందని అనిపించవచ్చు. వాల్వ్‌లో అంతకు ముందు రెండు ఎలక్ట్రోడ్‌లుంటే ఇప్పుడు మూడున్నాయి.

కాని, మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు అవతరించడంతో సాంకేతిక శాస్త్రం ఎటువంటి అనూహ్యమైన అవకాశాలని పొందిందో!

లీ దె ఫొరెస్ట్ తన వాల్వుకి 'అవుదియోన్' అనే పేరు పెట్టాడు. కాలం గడిచిన కొద్దీ ఈ పేరు మరుగునపడిపోయింది. ఇప్పుడు మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌లుండే ఈ వాల్వుని ట్రయోడ్* అని పిలుస్తున్నారు.

తర్వాత రెండు, మూడు, నాలుగు, ఐదు గ్రిడ్‌లుండే వాల్వులు అవతరించాయి. కాని లూయి దె బ్రొజీలీ మాటల్లో చెప్పుకోవాలంటే లీ దె ఫొరెస్ట్ కనుగొన్న ట్రయోడ్ తొలి నమూనాకు కాలం గడిచిన కొద్దీ ఎవరు ఎన్ని ముఖ్యమైన మార్పులూ చేర్పులూ చేసినా అన్ని రకాల ఆధునిక వాల్వులూ లీ దె ఫొరెస్ట్ ప్రవేశపెట్టిన ప్రధాన సూత్రం మీదే ఆధారపడి ఉంటాయి. వాల్వులోని శూన్యంలో కేథోడ్ ఆనోడ్‌ల మధ్య సహాయక ఎలక్ట్రోడ్‌లని ఉంచడం ద్వారా కరెంటు లోని మార్పులని కంట్రోలు చేయడమే ఆ ప్రధాన సూత్రం.

గొప్ప విషయాలన్నీ కూడా మహా తేలిక అనిపిస్తాయి. ఈ విషయానికి చక్కటి నిరూపణ, సాంకేతిక శాస్త్రంలో పూర్తి విప్లవాన్నే తీసుకువచ్చిన తొలి గ్రిడ్. ఏ రంగంలోనైనా ప్రస్తుతం ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులు లేకుండా పని జరగదు.

ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో ట్రయోడ్ లేని పరికరం ఈరోజు మనకి కనిపించదనే చెప్పుకోవాలి. మనం పైన తెలుసుకున్న ట్రయోడ్‌కి బదులు ప్రస్తుతం అర్ధవాహక ట్రయోడ్‌ని చాలా తరచుగా వాడుతున్నారనుకోండి. వాటి పని తీరుకు సంబంధించిన సూత్రాల్లో తేడా వున్నా అన్ని ట్రయోడ్‌లూ ఒకే రకం సమస్యలని పరిష్కరిస్తాయి. సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేసి రూపాంతరీకరించడానికో లేక కరెంటుని ఆన్ చేయడానికో ఆఫ్ చేయడానికో వాడతారు. మామూలు స్విచ్‌లా అవి ఉపయోగపడతాయన్నమాట. ఇంకా కచ్చితంగా చెప్పుకోవాలంటే ట్రయోడ్‌లో గ్రిడ్ "స్విచ్ (తాళంచెవి)" లాగానూ, ట్రయోడ్ తాళంకప్ప లాగానూ పనిచేస్తాయి.

తొలి ట్రయోడ్‌లని "శూన్య రిలే" అని పిలిచేవారంటే అదేమీ యాదృచ్ఛికంగా కాదు. విద్యుత్ సాంకేతిక శాస్త్రంలో సర్క్యూట్‌లో భాగాలని ఆన్, ఆఫ్ చేసే సాధ

---

* అన్ని వాల్వుల పేర్లూ వాటిలోని ఎలక్ట్రోడ్‌ల సంఖ్య మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. రెండు ఎలక్ట్రోడ్‌లుంటే డయోడ్ అనీ, మూడుంటే ట్రయోడ్ అనీ, నాల్గుంటే టెట్రోడ్ అనీ, ఐదుంటే పెంటోడ్ అనీ పిలుస్తారు.

న్ని "రిలే" అనే మాటతో పిలుస్తారు. మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు అవతరించడానికి పూర్వం ఆ సమస్యని విద్యుదయస్కాంతాల సహాయంతో మాత్రమే పరిష్కరించ గలిగేవారు. అంతర్భాగాన్ని (కోర్) ఆకర్షించి గుంజడం ద్వారా అయస్కాంతం ఒక కలయికని (కాంటాక్ట్) ఆన్ చేసి రెండో దాన్ని ఆఫ్ చేస్తుంది. అయస్కాంతం లేకుం డానూ, కలయికలు లేకుండానూ కరెంటుని ఆన్, ఆఫ్‌లు చేసే అవకాశాన్ని ట్రయోడ్ కల్గించింది. అంతే కాకుండా, ఆన్ ఆఫ్‌లకి కావల్సిన కాలాన్ని వెయ్యి రెట్లు తగ్గించింది కూడానూ.

సోవియట్ యూనియన్‌లో ఎమ్. ఎ. బొంచ్-బ్రుయెవిచ్ ఆధ్వర్యంలో తయారైన తొలి ట్రయోడ్ సరిగ్గా ఈ సమస్యని పరిష్కరించడానికే నిర్దేశించబడింది. దాని పేరు శూన్య రిలే (1వ రకం) కూడా దానికి తగినట్టే ఉంది.

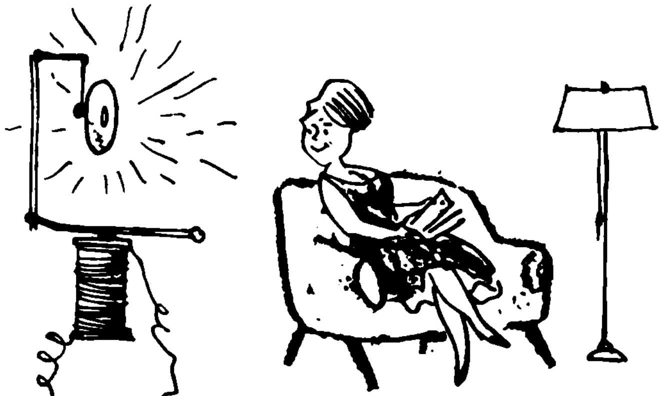
కాని ట్రయోడ్‌కి అఖండమైన పేరు ప్రఖ్యాతులు తీసుకువచ్చింది. దానికుండే ఇంకో సామర్థ్యం: ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఈరోజున ఏదైనా సంకేతాన్ని ఆంప్లిఫై (శక్తి వంతం) చేయాల్సిన అవసరంరాని శాఖ అంటూ లేదు.

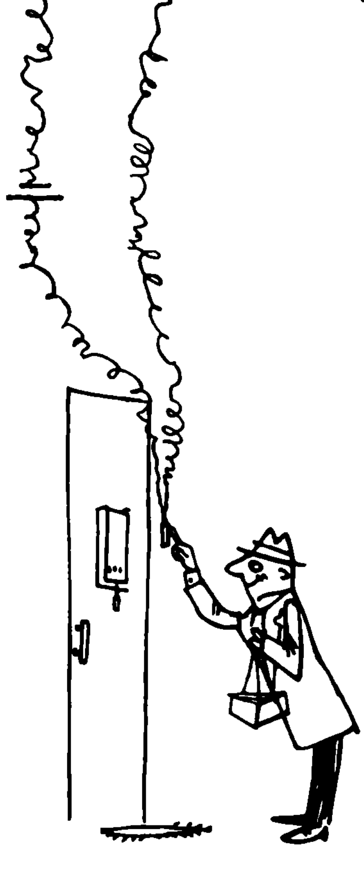
రంపం, కిరణ పుంజం, తాళం చెవుల గురించి

ట్రయోడ్‌ల ప్రధాన ధర్మాల గురించి తెలుసుకున్నాం కాబట్టి ఇక మనం ముందు అధ్యాయంలో (దాదావు ప్రశ్నావళిలో లాగానే) పరిశీలించిన ప్రక్రియల దగ్గరికి వచ్చి, ఎలక్ట్రాన్ కిరణాన్ని కంట్రోలు చేయడానికి సంబంధించిన పూర్తి చిత్రాన్ని తయారు చేయవచ్చు. (కెపాసిటర్ రిజర్వాయర్ లాగా పనిచేసే చోట ట్రయోడ్ స్విచ్ K లాగా పనిచేస్తుందని చెప్పకున్న విషయం మీరు మర్చిపోయుండరు (48వ పేజీ చూడండి).

ట్రయోడ్‌లోని ఆనోడ్‌కి కండెన్సర్ కలపబడింది. ట్రయోడ్ మూసివేయబడి నంత సేపూ కండెన్సర్ ఛార్జి అవుతుంది. కరెంటు జనకం E_a నుంచి కండెన్సర్ C ద్వారానూ, పెద్ద నిరోధం R_a ద్వారానూ భూమిని చేరుతుంది.

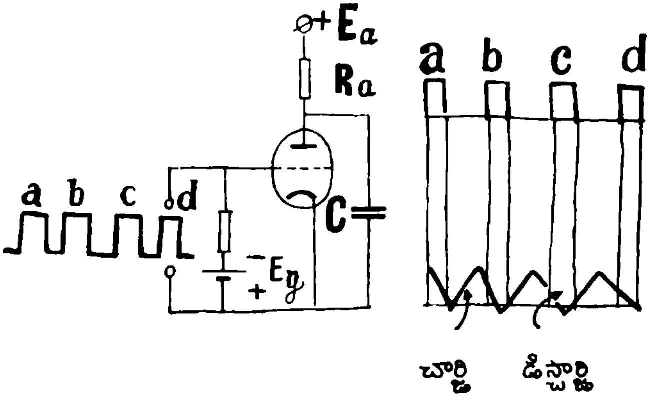
కండెన్సర్‌లో వోల్టేజి నెమ్మదిగా పెరుగుతుంది. రంపం ఆకారంలో ఉన్న పళ్లలో పొడుగాటి ఏటవాలుని ఏర్పరుస్తుంది. తర్వాత గ్రిడ్ మీదకి స్పందనం వస్తుంది. అలా గ్రిడ్ మీద ధనాత్మక పొటెన్షల్‌ని ఏర్పరిచి అది ట్రయోడ్‌ని తెరుస్తుంది. తెరిచివున్న ట్రయోడ్ అంటే పెద్ద కంత వున్న రిజర్వాయరే! దీన్నుంచి "రిజర్వా యర్" పోగుచేసిన ఆవేశమంతా ఎంతో వేగంగా భూమిని చేరుతుంది. ఈవిధంగా డిశ్చార్జి అయ్యే కాలం T_2 పొట్టిగా వుండే పంటి ఏటవాలును చూపిస్తుంది. ఆ సమయంలో కిరణపుంజం తెరమీద వెనక్కి తిరిగి వచ్చేస్తుంది.

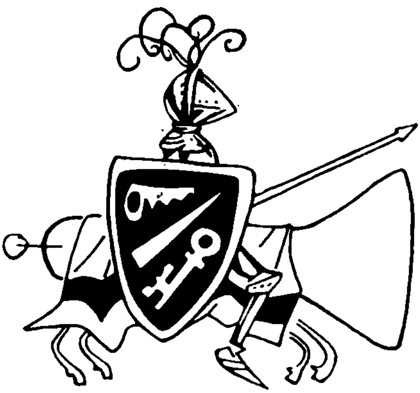




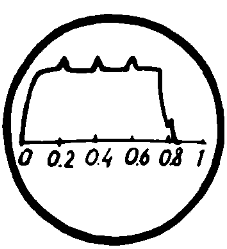
అదృశ్యమైన విషయాన్ని మనకి చూపించే ఈ పరికరం పనిచేసే విధానం ఆవిధంగా ఉంటుందన్నమాట. రంపం, కిరణపుంజం, తాళం — వీటి మధ్య ఉండే అన్యోన్య చర్యలు ఏవిధంగా జరుగుతాయో తుణ్ణంగా అర్థమవడానికి 'అదృశ్య పదార్థాల జాడలు', 'దాదాపు చిక్కు ప్రశ్నల పుస్తకంలో లాగే', అనే భాగాల్ని ఇంకొక్క సారి చదివితే మంచిది.

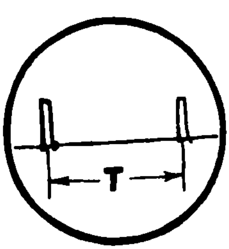
ఇంకొక్క ముఖ్యమైన విషయాన్ని ఇంకా గమనించాల్సి ఉంది. తెర మీద స్పందనపు చిత్రం స్ఫుటంగానూ, కదలకుండానూ ఉండాలంటే కిరణపుంజం తెర మీద పరిగెత్తే ప్రతీ సారి ఒకే మార్గంలో వెళ్లాలి. ఈ సమస్యని పరిష్కరించడానికి ఉత్తమమైన విధానం ఒకటుంది. అదే సెల్ఫ్-సర్వీన్ విధానం· అదేమిటంటే కంటికి కనిపించాల్సిన





స్పందనం దానంతటదే అవసరమైన సమయంలో తన కోసం రంపాన్ని వదిలేలా చేయాలి. అధికంగా ఇంకో ట్రయోడ్-స్విచ్ సహాయంతో రంపం వదలడాన్ని సాధించవచ్చు. స్పందనం ముందు గ్రిడ్ మీదకి వెళ్లి ట్రయోడ్‌ని తెరవడం ద్వారా తెర మీద పరిగె





త్తేలా చేస్తుంది. అదే స్పందనం తెర మీదకి కొంచెం ఆలస్యంగా తెర అంచు నుంచి కిరణపుంజం వెళ్లిపోయిన తర్వాత వస్తుంది (దీనికోసం స్పందనాన్ని ఆపి వుంచే ప్రత్యేకమైన సర్క్యూట్‌లను ఉపయోగిస్తున్నారు). ఈ ఆలస్యం పుణ్యమా అనే స్పందనం తెర మధ్యలో ఉండటమే కాకుండా పూర్తిగా కూడా కనిపిస్తుంది.

తర్వాతి స్పందనంతో కూడా సరిగ్గా అదే జరుగుతుంది. అదీ సరిగ్గా తెర మధ్యలోకి వస్తుంది. స్పందనం వచ్చిన ప్రతిసారీ కిరణపుంజం ఒకే మార్గం గుండా తిరిగి పరిగెత్తడం కొనసాగిస్తుంది. ఆవిధంగా తన స్వంత జాడని మళ్లీ మళ్లీ ఏర్పరుస్తుంది.

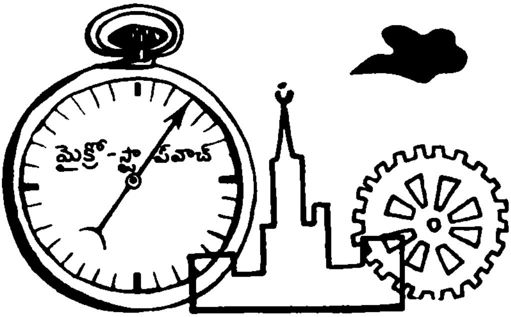
సూక్ష్మదర్శినితో కాలం

మనం తెలుసుకున్న విధానం స్పందనాలనీ, ఇతర ఎలక్ట్రాన్ ప్రక్రియలనీ పరిశోధించడానికే కాకుండా ఎన్నో చోట్ల ఉపయోగపడుతుంది. ఎంతో ముఖ్యమైన సమస్యనొకదాన్ని పరిష్కరించడంలో ఆ విధానం సహాయపడుతుంది. సెకనులో మిలియనో వంతు, చివరికి వంద మిలియన్ల వంతు కచ్చితత్వంతో కాలాన్ని కొలవడం వీలయేలా చేస్తుంది. ఒక్క ఎలక్ట్రానిక్స్‌కే ఇదెంత అవసరమైన విషయమో వేరే చెప్పాల్సిన పనిలేదు. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎంత చురుకైనవంటే చెప్పిన పనిని సెకనులో మిలియనో వంతు కాలంలో అవి చేస్తాయి.

స్పందనం ఎంత కాలంపాటు ఉంటుందో తెలుసుకోవడానికి తెర మీద దాని వెడల్పు, కిరణపుంజం వేగం తెలిస్తే చాలు. సెకనులో మిలియన్ వంతు కాలంలో (అంటే, ఒక మైక్రో సెకనులో) కిరణం పూర్తిగా తెర అంతా ప్రయాణం చేస్తే స్పందనం ఉండే కాలం చిత్రంలో 0.8 మైక్రో సెకనులు ఉంటుంది. లెక్కగట్టడం తేలిగ్గా వుండడం కోసం 'స్పందనం – గుర్తు'ల సహాయంతో కిరణపుంజాన్ని కొంచెం వంగేలా చేయవచ్చు. ఈ గుర్తుల సహాయంతో మైక్రో సెకనులో పదో వంతుని కూడా లెక్కగట్టవచ్చు.

అలాగే రెండు విభిన్న స్పందనాల మధ్య కాలాన్ని లెక్కగట్టవచ్చు. రాడార్‌లో చేసేది సరిగ్గా అదనే. తెర మీద స్పందనాల మధ్య ఉండే దూరాన్ని బట్టి లక్ష్యం ఎంత దూరంలో ఉందో నిర్ణయిస్తారు.

స్పందనం – 1, రాడార్ ఆన్టెనా ప్రసారం చేసిన స్పందనంతో కలిసే ఒకే సమయంలో తెరని చేరిందనుకుందాం. T కాలంలో ఆ స్పందనం లక్ష్యాన్ని చేరి అక్కడ పరావర్తనం చెంది వెనుతిరిగి వచ్చింది. ఇక్కడ అది గ్రాహకం సహాయంతో శక్తివం



తమ్మె తిరిగి ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాన్ని వంగేలా చేసింది. తెర మీద కొత్త స్పందనం ఏర్పడుతుంది. దీన్ని స్పందనం – 2 అని పిలుద్దాం.

స్పందనం కాంతి వేగంతో అంటే సెకనుకు 300 000 కిలోమీటర్ల వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది. లక్ష్యం వైపు 150 మీటర్ల దూరం, అక్కడినుంచి తిరుగు ప్రయాణం 150 మీటర్లు అది సెకనులో ఒక మిలియన్ వంతు కాలంలో ప్రయాణం చేస్తుంది. అంటే సరిగ్గా కిరణపుంజం తెరని ఖండించే కాలంలో అన్నమాట. దాని అర్థం తెర మీద T కాలానికీ (కిరణపుంజం ప్రయాణం చేసే వేగం తెలిసినప్పుడు) పరావర్తనం చెందించే లక్ష్యం ఉన్న దూరానికీ మధ్య నిర్దిష్టమైన సంబంధం ఉందన్నమాట. దూరాన్ని 10 మీటర్ల కచ్చితత్వంతో నిర్ణయించాలంటే మైక్రోసెకనులో పదుల వంతులో కాలాన్ని లెక్కగట్టగలగాలి. అటువంటి కార్యాన్ని ఒక్క ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల సహాయంతో మాత్రమే సాధించగలం. సూక్ష్మదర్శినిలు సూక్ష్మజీవుల్ని కొన్ని వేల రెట్లు పెంచి పెద్దవి చేసి ఎలా చూపిస్తాయో అలాగే ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు తెర మీద సెకనులో మిలియన్ల వంతు కాలాన్ని సాగదీయగలుగుతాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్ సహాయం తీసుకోకుండానే సెకనులో మిలియన్ల వంతు కాలాన్ని లెక్కగట్టడానికి నిశ్చయించుకున్నారని అనుకుందాం. స్టాప్-వాచ్ సహాయంతో దీన్ని సాధించగలరా?

దాని ముల్లు సెకనుకు ఒక చుట్టు తిరుగుతుంది. ఆ స్టాప్-వాచ్ డయల్‌లోని ఒక మిల్లీమీటర్ భాగంలో సెకనులో మిలియన్ వంతు కాలం ఉందనుకుంటే డయల్ చుట్టుకొలత మిలియన్ మిల్లీమీటర్లు (ఒక కిలోమీటరు ఉండాలి. వ్యాసం సుమారు 310 మీటర్లుండాలి. అప్పుడు డయల్ మాస్కో విశ్వవిద్యాలయ భవనం కంటే ఎత్తుగా ఉండేది.

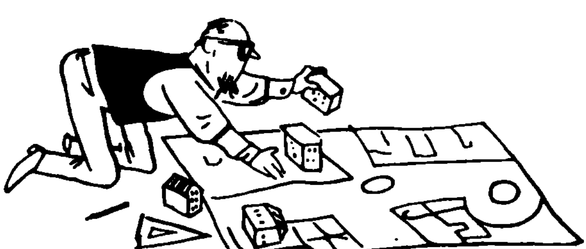
ఒకవేళ ముల్లుని మైక్రోసెకనుకి ఒక చుట్టు తిరిగేలా చేయాలేమో? అప్పుడు ముల్లు సెకనుకు మిలియన్ చుట్లు తిరగాలి. అటువంటి సాధనాన్ని సెకనుకు 100 చుట్లు తిరిగే మోటారుతో తిప్పాలంటే రిడక్షన్ గేయర్‌ని ఉంచాల్సి వస్తుంది. ఇప్పుడు మైక్రో స్టాప్-వాచ్ ముల్లుని ఒక సెంటీమీటర్ వ్యాసం ఉన్న చక్రానికి బిగించడానికి ప్రయత్నిద్దాం. అప్పుడు రిడక్షన్ గేయర్ ముఖ ద్వారం దగ్గర 100 మీటర్ల వ్యాసం గల చక్రం ఉంచాల్సి వస్తుంది. ఆ వంద మీటర్ల చక్రాన్ని సెకనుకు 100 చుట్ల వేగంతో తిప్పడానికి ఎంత శక్తి కావాల్సివస్తుందో మీరే ఊహించుకోండి!

ఫలితం ఎంతో గందరగోళంగా ఉంది. అతి సూక్ష్మమైన మైక్రోసెకనుని కొలవడానికి ఊహకందనంత బ్రహ్మాండమైన గడియారం కావాల్సి వస్తోంది. ఇక్కడ అంత ఆశ్చర్యపడాల్సింది ఏమీ లేదు. సెకనులో మిలియన్ల వంతు కాలాన్ని కొలవడం పెద్ద భారీ యంత్రపరికరాల వల్ల కూడా సాధ్యమవదు. ఇక్కడ మనకి కావాల్సింది వేరే రకం మెకానిజం, మంచి చలనశీలత కలిగివుండి, తేలిగ్గావుండి... వెయ్యి మాటలెందుకు, ఎలక్ట్రాన్ లాంటి భాగాలు కావాలి.

బ్రహ్మాండమైన భవనానికి పునాది

ఈ అధ్యాయాన్ని త్వరలో ముగించబోతున్నాం. మొత్తం ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని ఆకళింపు చేసుకోవాలంటే యిప్పటికి చెప్పుకున్నది ఏమాత్రం సరిపోదు. కాని ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని అర్థం చేసుకోవడంలో కావల్సిన నిర్దిష్టమైన మార్గం చూపడంలో యిది సరిపోతుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి రెండు పార్శ్వాలున్నాయి. ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి ఏదో కొంత తెలుసుకోదలచిన వాడికి రెండూ అవసరమే. ఒక పార్శ్వంలో ప్రధాన భావాలూ, నియమాలూ, ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల నిర్మాణంలోని అంశాలూ, సర్క్యూట్‌లలోని భాగాలూ, ఉంటే రెండో పార్శ్వంలో ఒకే క్షణంలో జరిగే ఎన్నో ప్రక్రియల మొత్తం,

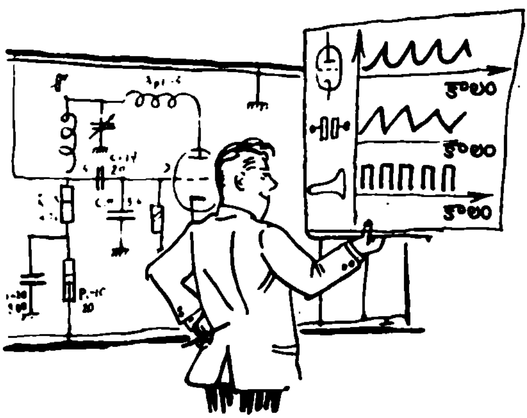


ఆ ప్రక్రియల మధ్య ఉండే సంక్లిష్ట అన్యోన్య సంబంధాలు ఉంటాయి. నియమాల గురించీ, నిర్మాణంలోని అంశాల గురించీ తెలియకుండా ఆ ప్రక్రియలని అర్థం చేసుకోవడం సాధ్యం కాదు. అన్ని భాగాల గురించీ తెలిసినా కూడా ఒకసారి వాటిని ఒక దానితో మరొకదాన్ని సమన్వయపరచడం ఎంతో కష్టమవుతూంటుంది.

అటువంటి ప్రక్రియల్లో ఒకదాన్ని పాఠకుడు యిప్పటికే ఎదుర్కొన్నాడు. అదృశ్య ఎలక్ట్రాన్ వృందాన్ని కేథోడ్-రే గొట్టంలోని తెరమీద గీయడమే ఆ ప్రక్రియ. ఇక్కడ ఏక కాలంలో వాల్వులో కరెంటు, కండెన్సర్‌లో కరెంటు ఫలకాలమీది వోల్టేజి, కిరణ పుంజాన్ని ఏర్పరచే ఎలక్ట్రాన్‌ల మార్గం మారతాయి.

ఇటువంటివే ప్రక్రియలు ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఎన్నో ఉన్నాయి. సర్క్యూట్‌లలో ఆ ప్రక్రియలు ఎలా జరుగుతున్నాయో తెలుసుకోవడానికి ఏకకాలంలో సంభవించే ఎన్నో సంఘటనలనీ, విషయాలనీ పరిగణనలోకి తీసుకోవాలి, వాటిని ఒకదానితో మరొకదాన్ని సమన్వయపరచాలి.

కొత్త భవనానికి పథకాన్ని రూపొందించి, వాస్తుశిల్పి దాన్ని ఒక ప్రదేశంలో ఊహించుకుంటాడు. ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో నిపుణులు ఏ పరికరాన్ని రూపొందించాలన్నా వాళ్ళ స్థల-కాలాల్లో (స్పేస్-టైమ్) రెండింట్లోనూ స్పష్టంగా ఊహించుకోవాలి. ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహం ఎలా వుంటుందో, ఈ ప్రవాహంలో పుట్టిన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ఎలా నిర్విరామంగా స్పందిస్తూ ఒక ప్రదేశాన్ని నింపేస్తాయో, అలాగే కాలంలో ఏ క్షణంలోనైనా సరే క్లిష్టమైన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లోని స్థానాల్లో ఎలక్ట్రాన్‌లూ, తరంగాలూ ఒకదానితో ఒకటి ఎటువంటి అన్యోన్య చర్యలని జరుపుకుంటాయో ఊహించగలిగి ఉండాలి.



ఎలక్ట్రానిక్స్ నిపుణుల వెనకే మనమూ అతి సరళమైన సాధనాల నుంచి క్లిష్టమైన ఆధునిక పరికరాల దాకా (ఉదాహరణకి పరిగెత్తే తరంగం ఉన్న వాల్వ్, క్లైస్ట్రాన్, మాగ్నెట్రాన్) అన్నింటినీ తెలుసుకుంటూ రావాలి.

ఇప్పటిదాకా చెప్పుకున్న కథ అంతా ఒక్క ఎలక్ట్రాన్‌ల గురించే. ఇప్పుడు మనం తరంగాల గురించి చెప్పుకోవాలి. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రాన్‌ల, తరంగాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యే ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోని ప్రధాన విషయాలన్నింట్లోకీ అతి ముఖ్యమైన విషయం.

ప్రకరణం 2

తరంగాలని ఎలా కనుక్కున్నారు?

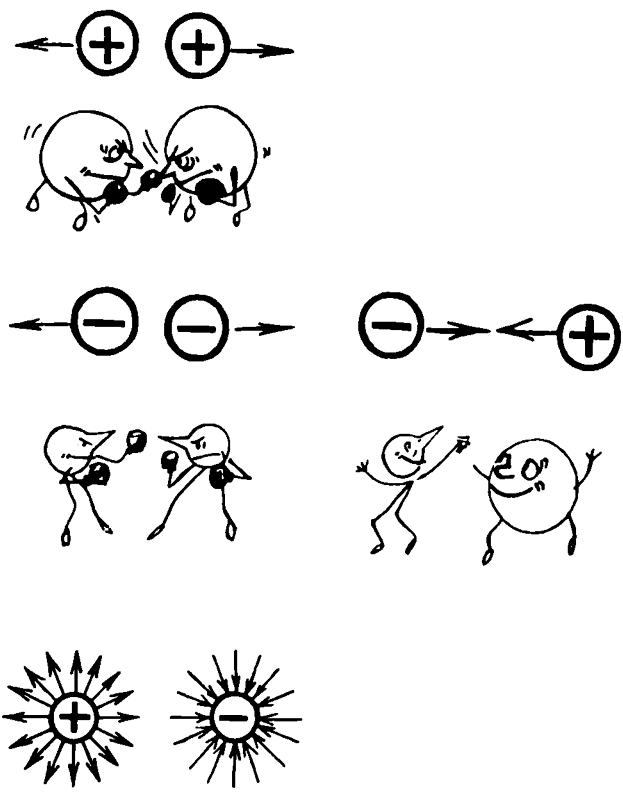
ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఎలక్ట్రాన్ ఎంత అవసరమో క్షేత్రమూ అంతే అవసరమనే విషయం పాఠకుడు ఈ ప్రకరణంలో తెలుసుకుంటాడు. అప్పటికి ఇంకా కనుక్కోవడానికి సాధ్యపడకపోయినా ఏనాడో ఆవిష్కరించబడిన తరంగాలని గురించి తెలుసుకుంటాడు. అలాగే ఎలక్ట్రానిక్స్ సహాయం లేకుండానే రేడియో తన పని ఎలా జరుపుకుందో, అదెలా దానికి సాధ్యపడిందో కూడా తెలుసుకుంటాడు.

ఆవేశాల చుట్టూ ఖాళీ జాగా లేదు

ఇదీ మూలాంశం

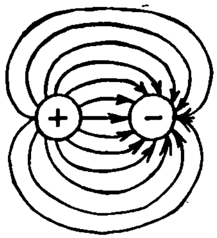
2. 1

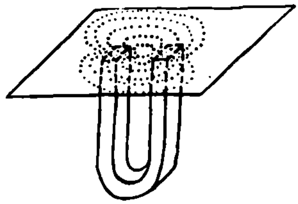
విద్యుదావేశాలని విద్యుత్ క్షేత్ర బలాలు ఆవరించి ఉంటాయి. వ్యతిరేక సంజ్ఞ లుండే ఆవేశాల మధ్య పరస్పర ఆకర్షణో లేక క్షేత్రాల మధ్య అన్యోన్య చర్య మూలంగా ఒకే రకం ఆవేశాల మధ్య వికర్షణో ఉంటుంది.

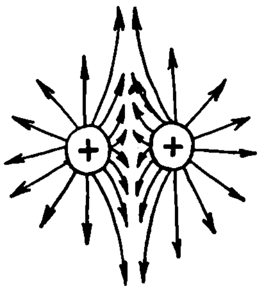


ఆవేశం చుట్టూ ఉన్న స్థలంలో ప్రభావాన్ని కలిగివుండే బలాలని బాణం గుర్తుతో సూచిస్తారు. ధనాత్మక ఆవేశం ఉన్న దేహం నుంచి బాణాలు వెల్వడి ఋణాత్మక ఆవేశం వున్న దేహంలోకి ప్రవేశిస్తాయని అనుకోవడం పరిపాటి.

2. 2







విరుద్ధ సంజ్ఞలున్న ఆవేశాలకి వుండే విద్యుత్ క్షేత్రం ఇక్కడిచ్చిన బొమ్మలో మాదిరిగా ఉంటుంది. పక్కనే అయస్కాంత ధృవాలకి చుట్టూ వుండే క్షేత్రం చూప బడింది. వీటిలో విద్యుత్ క్షేత్రానికీ, అయస్కాంత క్షేత్రానికీ మధ్యనున్న పోలికని గమనించడం కష్టమేమీ కాదు.

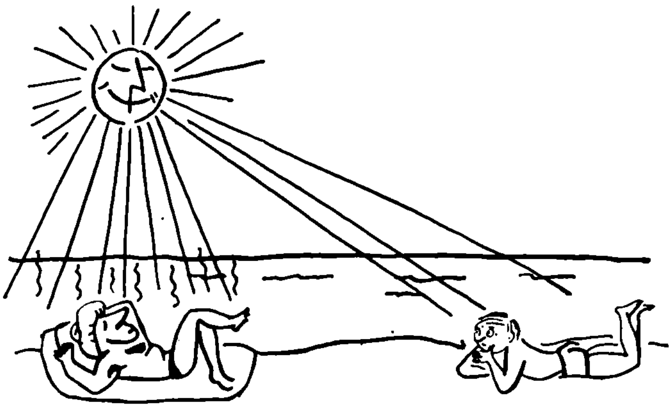
2. 3

ఒకే రకం గుర్తువున్న రెండు ఆవేశాలు ఢీకొన్నప్పుడు విద్యుత్ క్షేత్ర బల రేఖలు చిత్రంలో చూపించిన మాదిరిగా ఉంటాయి.

స్థితి స్థాపకత ఉన్న స్ప్రింగుల మాదిరిగానే ఒకే గుర్తు గల ఆవేశాలు దగ్గరగా రాకుండా బల రేఖలు ప్రతిఘటిస్తాయి.

2. 4

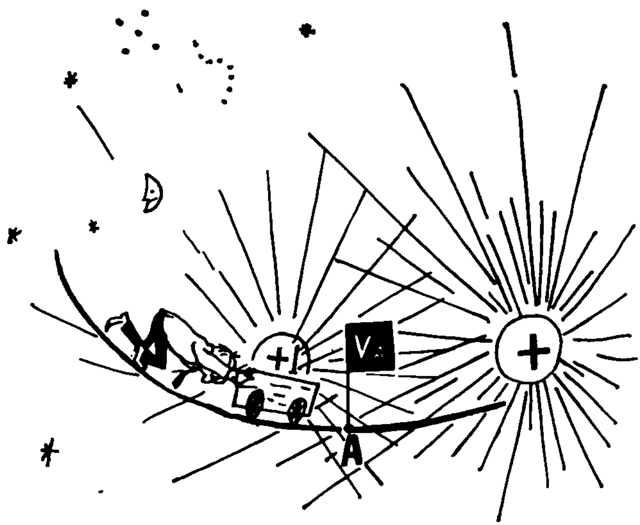
ఆవేశాన్ని సూర్యుడితోనూ బల రేఖలని సూర్య కిరణాలతోనూ పోల్చవచ్చు. సూర్యుడు ఒక నిర్దిష్ట ప్రదేశానికి ఎంత దూరంగా ఉంటే, సూర్య కిరణాలు అంత



తక్కువగా ఆ ప్రదేశాన్ని చేరతాయి, అలాగే విద్యుత్ ద్వారా ఆవేశపూరితమైన దేహానికి దాని బిందు రూప ఆవేశాలకి మధ్య ఉండే అన్యోన్య ప్రభావాలు అంత బలహీనంగా ఉంటాయి.

ఒకే గుర్తుగల ఆవేశాలని రెండింటినీ దగ్గరకు తేవాలంటే క్షేత్రాల ప్రతిఘటనని అధిగమించాలి. దాని కోసం శక్తిని వెచ్చించాలి, పని చేయాలి.

2. 5



అనంతాన్ని ఊహించుకోవడం కష్టం. అవును కదూ?

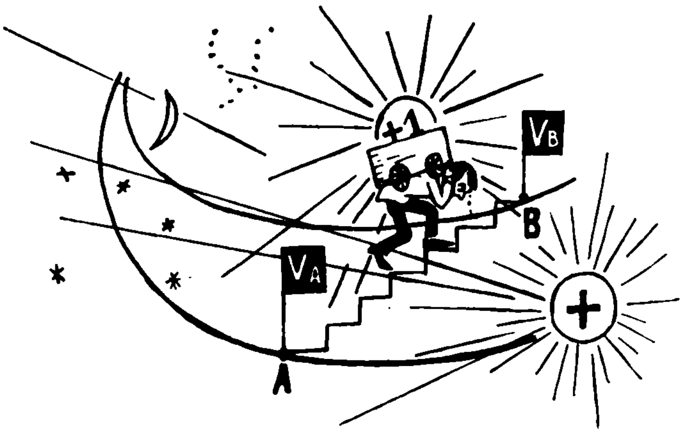
ఇప్పుడు ఒక వ్యక్తి ఒక యూనిట్ ఆవేశాన్ని తనతో తీసుకుని అనంత దూరం నుంచి క్షేత్రంలో ఉన్న A అనే బిందువు దగ్గరికి ప్రయాణం చేసినట్లు ఊహించుకోండి.

ఆ యూనిట్ ఆవేశాన్ని అనంతదూరం నుంచి విద్యుత్ క్షేత్రంలోని A అనే బిందువు దగ్గరికి తీసుకురావడానికి ఆ వ్యక్తి చేసిన పనినే A బిందువు యొక్క పొటెన్షల్ అని నిర్వచిస్తారు (దీన్నే V_Aగా చూపిస్తారు).

2. 6

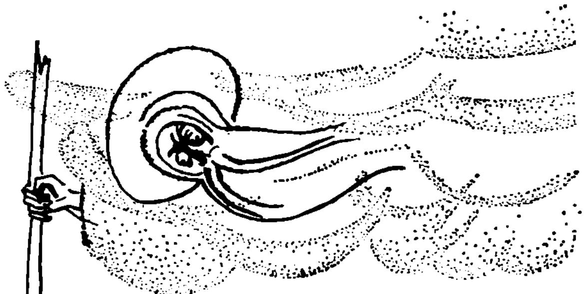
అనంతదూరం నుంచి B బిందువు దగ్గరికి ప్రయాణం చేయడానికి వెచ్చించే శక్తి ఇంకోలా ఉంటుంది. అందుకనే పొటెన్షల్ V_B పొటెన్షల్ V_A కంటే తేడాగా ఉంటుంది.

అనంతం అనే విషయాన్ని అంత తేలిగ్గా అనుభూతి చెందలేం. అయితేనేం, అనంతదూరం నుంచి A, B బిందువుల దగ్గరికి ప్రయాణం విజయవంతంగా జరిగిపోయింది కాబట్టి మిగిలినదంతా స్పష్టంగా తెలుస్తుంది: ఒక యూనిట్ ఆవేశాన్ని A బిందువునుంచి B బిందువు దగ్గరికి తీసుకురావడానికి చేయవలసిన పని ఆ రెంటి పొటెన్షల్ల మధ్య తేడాకి సమానమవుతుంది. అంటే $(V_A - V_B)$ అన్నమాట.



గతంతో సంబంధాలు

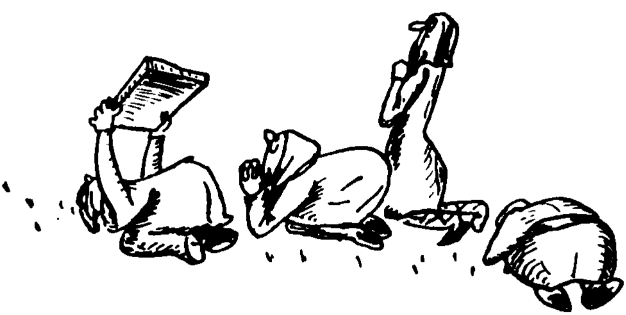
గట్టిగా పెనవేసుకుని ఉన్న సిద్ధాంతం, ఆచరణలు సాధించే అభివృద్ధితో సమంగా ఎలక్ట్రానిక్స్ యొక్క అఖండమైన భవనం పెరుగుతోంది. బ్రహ్మాండమైన ఈ భవంతికి పునాది కంటికగుపడని అతి సూక్ష్మమైన ఎలక్ట్రానే.





పునాదిలో ఒక్క ఎలెక్ట్రాన్లే ఉన్న ప్రపంచంలో ''బ్రహ్మాండమైన'' భవంతిని నిర్మించడం ఎవరివల్లా అయ్యేదికాదు. ఎలెక్ట్రానిక్స్‌ని రూపొందించడానికి ముందు ''ఒక్కొక్క ఇటుకనీ'' సేకరించినట్లుగా ఎన్నో వివరాలని సమకూర్చాల్సి వచ్చింది. ఉదాహరణకి, ఆవేశాల గురించీ, వాటి చలనం గురించీ, క్షేత్రంతో వాటి అన్యోన్య చర్య గురించీ, విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల ధర్మాల గురించీ, ప్రేరణ (ఇండక్షన్) నియమాల గురించీ, ఎ. సి., డి. సి.ల గురించీ, విద్యుచ్చాలక బలం గురించీ, అయస్కాంతపు ముల్లు మీద విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రభావం గురించీ, అయస్కాంతాన్ని దగ్గరికి తీసుకువచ్చినప్పుడు విద్యుత్ వాహకం ప్రవర్తించే తీరును గురించీ, మొదలైన వాటన్నిటి గురించీ తెలుసుకోవాల్సి వచ్చింది.

వందల కొద్దీ ప్రయోగశాలల్లో కొద్ది కొద్దిగా సాధించబడిన ఫలితాలనన్నీ జీర్ణంచేసుకున్న మాక్స్‌వెల్ తన మేధస్సుతో విద్యుత్తుకీ, అయస్కాంతత్వానికీ మధ్య నున్న విడదీయరాని సంబంధాన్ని కనుగొన్నాడు. ఈ



సంబంధాన్ని ఒక నియమబద్ధమైన సమీకరణాల వ్యవస్థతో చూపెట్టాడు. అదే విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ఆవిష్కరణకి దారితీసింది.

మాక్స్‌వెల్ మరణానంతరం ఈ తరంగాలని హెర్ట్జ్ కనుగొన్నాడు.

వాటిని పొపొవ్ వైర్‌లెస్ సంబంధాల కోసం ఉపయోగించుకున్నాడు.

రేడియో సంబంధాల్లో జరిగిన భావి అభివృద్ధి మూలంగా డయోడ్‌లు, ట్రయోడ్‌లు, ఇతర ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు, వాల్వులు రూపొందించబడ్డాయి.

అదీ ఎలక్ట్రానిక్స్ ఆవిర్భావానికి ముందు చరిత్ర. అసలు ఎలక్ట్రానిక్స్ దేనితో మొదలైంది? బహుశ ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరణతోనేమో? కాదు, హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ ఆవిష్కరణ ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధికి నాంది పలకలేదు. ఎందుకంటే ఎలక్ట్రాన్‌లని కంట్రోలు చేయడం ఆ కాలంలో ఎవరివల్లా అయేది కాదు.

ఎలక్ట్రాన్‌లని కంట్రోలు చేయడంలో కేథోడ్-రే గొట్టం సహాయపడింది. అలాగని ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని ఆ గొట్టం ఏమీ రూపొందించలేదు. ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులు ఆవిష్కరించబడేదాకా శుద్ధ సైద్ధాంతిక విజ్ఞానశాస్త్ర గుడి గోడల్లోని దేవుడిలా కేథోడ్-రే గొట్టం ప్రశాంతమైన జీవితాన్ని గడిపింది. ఏదో కొద్దిమంది భౌతికశాస్త్రజ్ఞులకి మినహా దాని గురించి ఎవరికీ తెలియదు.

బహుశా, ఎలక్ట్రానిక్స్ ఏర్పడటాన్ని మూడు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు ఆవిష్కరణతో ముడిపెట్టవచ్చేమో? అలాగయితే లీ డె ఫారెస్ట్ తన గ్రిడ్‌ని ఎందుకు ఉంచినట్లు? క్షేత్రం సహాయంతో ఎలక్ట్రాన్‌లని కంట్రోలు చేయడానికని అర్థమవుతోంది. అంటే, ట్రయోడ్‌లని రూపొందించడానికి ముందు క్షేత్రపు ధర్మాలని పరిశోధించాల్సి వచ్చిందన్నమాట.

అసలు ట్రయోడ్‌ల అవసరం ఏమొచ్చింది? రేడియో సంబంధాలని యింకా ఆధునీకరించడంలో పీటి పని పడింది. పొపొవ్ కనుగొన్న ట్రాన్స్‌మిటర్‌కీ (ప్రసారిణి) ఆధునిక ట్రాన్స్‌మిటర్‌కీ మధ్య ఎక్కడా పోలిక లేదు. పొపొవ్ ట్రాన్స్‌మిటర్ రేడియో తరంగాల చిటపటల రూపంలో ఒక్క మోర్స్ ధ్వనులని మాత్రమే ప్రసారం చేయగలిగేది. సంభాషణలనీ, సంగీతాన్నీ, చిత్రాలనీ ప్రసారం చేయడం గురించి మాట్లాడే పనే లేదు. ట్రయోడ్ ఆవిష్కరణ తర్వాతే అదంతా సాధ్యపడింది.

పొపొవ్ ఆవిష్కరించిన సూత్రాన్ని ఆధునీకరించడానికి ట్రయోడ్ తోడ్పడింది. హెర్ట్జ్ కనుగొన్న తరంగాలని పొపొవ్ ఉపయోగించుకున్నాడు. మాక్స్‌వెల్ అద్భుతమైన ఊహల్ని హెర్ట్జ్ రుజువు చేశాడు. ఫారడే సాధించిన ఫలితాలని మాక్స్‌వెల్ సాధారణీకరించాడు.

మరి ఫారడే...

తిరిగి యీ సంబంధాల గొలుసు కొస భూతకాలంలోకి వెళ్లిపోయింది. దీని మొదలు ఎక్కడుంది? ప్రాచీన శతాబ్దాల్లో ఎక్కడో దాన్ని వెతకవలసి ఉంటుంది.

ఏంబర్ దండం

ప్రజలకి విద్యుత్తుని గురించి ఏనాడో తెలుసు. అది భయంకరమైన ఉరుము, మెరుపుల రూపంలో వాళ్లకి శతాబ్దాల తరబడి దర్శనమిస్తోంది. పిడుగు స్వభావం తెలియని మన పూర్వీకులు దాన్ని భగవంతుడి శాపనార్థంగా భావించేవారు. ఈ శక్తిని కంట్రోలు చేసి దాన్ని మానవజాతి శ్రేయస్సు కోసం ఉపయోగించుకోవచ్చుననే ఊహ ప్రాచీన మేధావంతులలో మహామహులకి కూడా తట్టలేదు.

పూర్వీకులకి తెలిసిన రెండవ విద్యుత్ ప్రభావం ఏమాత్రం ప్రమాదకరమైనది కాదు. దీనికీ, భయంకరమైన తొలి ప్రభావానికీ మధ్య ఏవిధమైన పోలికనైనా గమనించడం కష్టం.

ఉలితో రుద్దిన ఏంబర్ (తృణగ్రాహి అనే రాయి) దండం బొచ్చు, కాగితం ముక్కలు మొదలైన తేలికైన వస్తువులని దగ్గరికి లాక్కుంటుంది. క్రీస్తు పూర్వం ఆరవ శతాబ్దంలో జీవించిన ప్రాచీన గ్రీకు తత్వవేత్త థేల్స్ మిలేటస్ సాక్ష్యానుసారం పై విషయం ఉన్నిని శుద్ధిచేసే నేతపనివాళ్ల చేత ఆవిష్కరించబడింది. బహుశా యింకా పూర్వీకులకి కూడా దీని సంగతి తెలిసి ఉండవచ్చు. కాని ఎందుకలా అవుతోందో కారణం తెలియని అటువంటి విషయాలకి కచ్చితమైన వివరణని మాత్రం మనం మొట్ట మొదటి సారిగా మిలేటస్ రాసిన గ్రంథాల్లోనే చూస్తాం.

18వ శతాబ్దపు చివరిదాకా కూడా ఆ విషయాలని లోతుగా అధ్యయనం చేసి అసలు విషయాన్ని కనుగొనే ప్రయత్నం ఒక్కటే జరగలేదు. అయితేనేం 19వ శతాబ్దంలో విద్యుత్తు ప్రగతికి మూలం అయింది. ప్రపంచం ఏవిధంగా నిర్మించబడి వుందో వివరించే అన్ని సాంకేతిక విజయాల్లోనూ శాస్త్రీయ సిద్ధాంతాల్లోనూ విడదీయరాని అంశం అయింది. ఏమాత్రం పోలికలేనివనిపించే విషయాలు — పరమాణువులోని కణాల మధ్య అన్యోన్య ప్రభావాలు, శక్తివంతమైన విద్యుత్ మోటారుల చలనం, పిడుగు దెబ్బ, ఏంబర్ ఉలు దారాలని ఆకర్షించడం వీటన్నింటికీ మూలం ఒకే శక్తి అనే విషయం యింకేమాత్రం ఎవరినీ ఆశ్చర్యపరచలేదు.

విద్యుత్తుని అన్నిచోట్లా కనుక్కోవడం మొదలెట్టారు. దీనికి కారణం అదొక ఫేషను అవడం మాత్రం కాదు. జగత్తులో జరిగే ఎన్నో విషయాల్లో అధిక భాగం నిజంగానే అయస్కాంత, విద్యుత్ బలాల మూలంగా కంట్రోలు చేయబడుతున్నాయి.

వాటిని తప్పించి ఇంకా జడత్వ శక్తి, సార్వత్రిక గురుత్వాకర్షణ (గురుత్వాకర్షణ) శక్తి, పరమాణు కేంద్రకం లోపల పనిచేసే బలాలు మాత్రమే విజ్ఞానశాస్త్రానికి తెలుసు.

కేంద్రక బలాల ప్రభావం చాలా తక్కువ పరిధిలో ఉంటుంది. కేంద్రకం బయట వాటి ప్రభావం కనబడదు. గురుత్వాకర్షణ బలాలు పరమాణువు మీద అత్యంత స్వల్ప మైన ప్రభావాన్ని కలిగివుంటాయి. దీనికి కారణం, భూమ్యాకర్షణ శక్తిని గమనించ డానికి పరమాణువు భారం మరీ స్వల్పంగా ఉండడమే. పరమాణువుల, అణువుల అన్యోన్య చర్యల్లో ఒక్క విద్యుదయస్కాంత బలాలే ప్రతిభావంతంగా పాల్గొంటూంటాయి. అణువుల, పరమాణువుల నిర్మాణం, వాటి అన్యోన్య ప్రభావం, అన్ని రసాయన రూపాం తరీకరణలు, స్ఫటికాల నిర్మాణం, ఎన్నో భౌతిక పదార్థాల వివిధ ధర్మాలూ మొదలైనవన్నీ విద్యుదయస్కాంత బలాల మీదే ఆధారపడి ఉంటాయి.

విద్యుత్ శకం అంటే శక్తివంతమైన మోటార్లో, జెనరేటర్లో లేక అతి సూక్ష్మ మైన వాటిని కొలిచే పరికరాలో మాత్రమే కాదు. అదొక కొత్త దృక్పథం. విద్యుదయ స్కాంత క్షేత్రాల అన్యోన్య చర్యల వల్ల జనించే ఎన్నో దృగ్విషయాల స్వభావాన్ని పరిశీ లించే నూతన పంథా.

ఇదంతా మొదలైంది "ఏంబర్" దండంతోనే. చివరికి "విద్యుత్తు" అనే పేరు కూడా దాన్నుంచే వచ్చింది. గ్రీకు భాషలో ఏంబర్‌ని "ఎలెక్ట్రాన్" అంటారు. విద్యు త్తుని గురించిన భావం మొదట్లో ఎంత సంకుచితమైనదో మీకు అర్థమయిందనుకుంటాను. ఏంబర్ దండంలో దాగి వున్న అజ్ఞాతశక్తిగా దీన్ని భావించేవారు. అయితేనేం, కాలక్రమాన దాని పరిధి పెరిగి పెరిగి ఎంత విస్తృతమైందంటే దానిలో ప్రపంచమంతా ఇమిడి పోయింది. ఎందుకంటే ప్రపంచమంతా అణువులు, పరమాణువుల ఆధారంగా ఏర్ప డింది. విద్యుదయస్కాంత బలాల అన్యోన్య చర్యల వల్లనే అవి అణువులూ, పరమాణు వుల ఒక సంపూర్ణ వ్యవస్థగా ఉంటు న్నాయి.



విద్యుత్తుకి చెందిన విజ్ఞానశాస్త్ర అభివృద్ధి సంక్షిప్తంగా చెప్పుకుంటే ఇలా ఉంటుంది: మొదట్లో ఏంబర్ దండం ఉండేది. రాను రాను చివర్లో అవధులు లేని బ్రహ్మాండమైన ప్రపంచంగా తయారయింది. ఫ్రెంచి దేశస్థుడు, కవి అయిన పాల్

వలేరి విద్యుత్తు గురించి ఇలా చక్కగా చెప్పాడు, "ప్రకృతి మొత్తంలో దాగివుంది ఆ శక్తి. బహుశా ఆ శక్తే ప్రకృతేమో కూడాను. ఆఖరి శతాబ్దం మినహాయించి గడిచిన అన్ని శతాబ్దాల్లోనూ ఒక్క ఏంబర్ దండంలో దర్శనమిచ్చింది ఆ శక్తి. అటు వంటి శక్తిని ఎంతో విధేయతతో ప్రదర్శించిన ఆ దండం చరిత్రను మించి మానవ మేధస్సుకి అర్థంకాని విషయం ఇంకేముంటుంది?"

తొలి నియమం

ఇంతకీ ఊలుతో రుద్దినపుడు ఏంబర్ దండానికి ఏమవుతుంది? 18వ శతాబ్దం చివరిలోనే విజ్ఞానశాస్త్రం పై ప్రశ్నకి అంతో ఇంతో కచ్చితమైన జవాబుని ఇవ్వగలి గింది. ఆ దండం విద్యుత్తుతో ఆవేశపూరితమవుతుంది. విద్యుత్తు అంటే ఏమిటసలు? అదెక్కడి నుంచి ఊడిపడింది?

18వ శతాబ్దంలో పై ప్రశ్నలకి విజ్ఞానశాస్త్రం జవాబులను ఇవ్వలేకపోయింది. యథార్థాలని పేర్కోడం వరకే పరిమితమైంది దాని శక్తి.

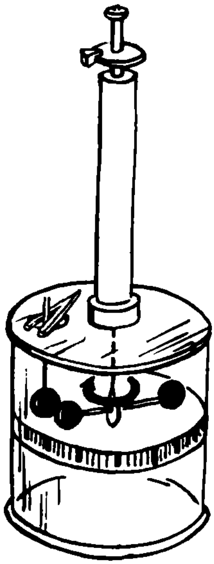
1734లో ఫ్రెంచి శాస్త్రజ్ఞుడు డ్యూఫే రెండు రకాల ఆవేశాలు ఉంటాయనే విషయం నిర్ధరించాడు. ఊలుతో రుద్దినపుడు ఏంబర్ దండం మీద ఒక రకం ఆవేశం ఏర్పడుతుంది. ఏంబర్ దండం అంటే గట్టిపడిపోయిన చెట్ల రెజిన్ తప్ప ఇంకేమీ కాదు కనక ఆ రకం ఆవేశానికి "రెజిన్ విద్యుత్తు" అని పేరు పెట్టాడు. చర్మంతో రుద్దినపుడు గాజు కడ్డీ మీద ఏర్పడే రెండో రకం ఆవేశాలకి "గాజు విద్యుత్తు" అనే పేరు పెట్టాడు.

తర్వాత ఆ ఆవేశాలలో తేడాని తెలుసుకోవడానికి వాటిని మైనస్, ప్లస్ గుర్తు లతో సూచించ సాగారు. ఆ గుర్తులే యీనాటిదాకా వాడుకలో ఉన్నాయి.

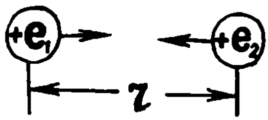
ఒకే గుర్తు గల వస్తువులు వికర్షించుకుంటాయని, విరుద్ధ ఆవేశాలు ఆకర్షిం చుకుంటాయని (2. 1 చూడండి) నిరూపించబడింది.

1775వ సంవత్సరంలో కూలామ్ తొలి పరిమాణాత్మక ప్రయోగాన్ని జరిపాడు. రెండు బిందు రూప ఆవేశాల మధ్య పరస్పర ఆకర్షణ బలాలు (వీటినే కూలామ్ "విద్యుత్ ప్రవాహాలు" అన్నాడు) దేని మీద ఆధారపడి వుంటాయో, ఆ బలాల పరిమాణం ఎంత ఉంటుందో ఆయన నిరూపించదలిచాడు. బిందు రూప ఆవేశం అంటే ఏమిటి? ఒకవేళ కూలామ్ ఎలక్ట్రాన్‌ని దృష్టిలో వుంచుకుని అలా అన్నాడేమో?

అది నిజం కాదు. కూలామ్‌కి ఎలక్ట్రాన్ గురించి అతి స్వల్పమైన పరిజ్ఞానం కూడా లేదు. దానికి ఇతర ఆవేశపూరిత వస్తువుల మధ్య వుండే దూరంతో పోల్చుకుంటే



పరిమాణం ఎన్నో రెట్లు తక్కువగా ఉండే ఏ ఆవేశపూరిత వస్తువునైనా బిందు రూప ఆవేశం అని ఆయన అన్నాడు. తర్వాత బిందు రూప వస్తువుల మధ్య ఉండే పరస్పర ఆకర్షణ బలం వాటి మధ్య దూరం మీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో నిర్ణయించాల్సివచ్చింది. అలా చేయడానికి ప్రతి వస్తువూ ఎంత ఆవేశాన్ని పొందిందో దాని పరిమాణాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోవాల్సిన అవసరం



$$F = K\frac{e_1 e_2}{r^2}$$

ఏర్పడింది. ఎందుకంటే ప్రతి ఆవేశం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే బలాలు అంత ఎక్కువగా ఉంటాయి కదా! ఆ రోజుల్లో బలాన్ని బాగా కచ్చితంగానే కొలవడం చేతనయేది. ముఖ్యంగా కూలామ్ ఒక ప్రత్యేకంగా నిర్మించబడిన విమోటన త్రాసు సహాయంతో రెండు ఆవేశాల మధ్య పరస్పర ప్రభావపు బలాన్ని లెక్కగట్టాడు. ఆవేశాల మధ్య దూరాన్ని కొలవడం ఏమాత్రం కష్టమైన పని కాదు. కాని ఆవేశాల సంగతేమిటి మరి? కూలామ్ కంటే ముందుగా ఆవేశాల పరిమాణాన్ని లెక్కగట్టడానికి ఎవరూ ప్రయత్నించలేదు. దానికి కావాల్సిన ప్రమాణాలు (యూనిట్లు) ఏమీ లేవు, అంతేకాకుండా ఒకదానితో యింకోదాన్ని పోల్చి చూడడానికి అవకాశాన్నిచ్చే పరికరాలూ ఏవీ లేవు.

కూలామ్ అద్భుతమైన తెలివితేటల్ని ప్రదర్శించాడు. ఆవేశపూరితమైన గోళాలని రెండింటిని తీసుకుని అవి ఒకదాన్నొకటి ఎంత బలంతో ఆకర్షించుకుంటున్నాయో కనుగొన్నాడు. తర్వాత ఆవేశం లేని మూడో గోళాన్ని తీసుకుని, అది ఆవేశపూరితమైన గోళాన్ని తాకేలా చేశాడు. అలా తాకిన క్షణంలోనే ఆవేశపూరితమైన గోళం తనకున్న దాంట్లో సరిగ్గా సగం ఆవేశాన్ని ఆవేశం లేని గోళానికి ఇచ్చేసింది. ఈ రెండు గోళాలూ ఒకే పదార్థంతో చేయబడి ఉండడం, వాటి పరిమాణాలు ఒకేలా ఉండడమే దానికి కారణం. దాని తర్వాత బలం రెండు రెట్లు తగ్గిపోయింది. ఆపైన కూలామ్ ఆవే

శపూరిత గోళాల మధ్య దూరాన్ని 2, 3, 4, 5 రెట్లు పెంచడం మొదలెట్టాడు. దానికి అనుగుణంగా బలం కూడా 4, 9, 16, 25 రెట్లు తగ్గుతూ వచ్చింది.

రెండు బిందు రూప ఆవేశాల మధ్య వుండే అన్యోన్య ప్రభావాల్ని తెలిపే యీ కింది నియమం ఆవిధంగా ఆవిష్కరించబడింది: "రెండు విద్యుదావేశాల మధ్య వుండే బలం విద్యుదావేశ పరిమాణాల లబ్దానికి అనులోమానుపాతంలోనూ, ఆవేశాల మధ్య ఉండే దూరం వర్గానికి విలోమానుపాతంలోనూ ఉంటుంది".

ఆ ప్రయోగవు గౌరవార్థం పై నియమానికి కూలామ్ నియమం అని పేరు పెట్టారు. ఆపైన ఆవేశాలని కొలిచే ప్రమాణాలని కూడా కూలామ్‌లని పిలవనారం భించారు. ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశంతో పోలిస్తే కూలామ్ అపరిమైన మహాకాయంలా ఉం టుంది. ఒక కూలామ్ ఆవేశం పొందాలంటే ఏదైనా వస్తువు 6 290 000 000 000 000 000 ఎలక్ట్రాన్‌లని గ్రహించాలి. బ్రహ్మాండమైన సంఖ్య అది. ఒక సెకను కాలంలో ఆ వస్తువుకు ఒక మిలియన్ ఎలక్ట్రాన్‌ల చొప్పన ఇస్తే కూలామ్‌కి సమానమైన ఆవేశం పోగవడానికి 200 సంవత్సరాలు పడుతుంది.

శూన్యంలో నిండివున్నది ఏమిటి?

ఆవిధంగా క్రమంగా విజ్ఞానశాస్త్రం అభివృద్ధి చెందుతూ వచ్చింది. మొదట విద్యుదావేశాలు ఆకర్షించు కుంటాయనే వాస్తవం ఒక్కటే తెలుసు. ఆ తర్వాత ఒక కచ్చితమైన పరిమాణాత్మక నియమం కనుక్కోబడింది. రెండు ఆవేశపూరిత వస్తువుల ప్రవర్తనని నియమబద్ధం చేసే తొలి సూత్రం (ఫార్ములా) కనుగొనబడింది. ఆ సూత్రం ప్రకారం విరుద్ధ గుర్తులను కలిగిన ఆవేశాలు ఆకర్షించుకునే బలాన్ని లెక్కగట్టవచ్చు. కాని ఎందుకవి అలా ఒకదాన్నొకటి ఆకర్షించుకొంటాయి? రెండు వస్తువుల మధ్య శూన్య ప్రదేశం మినహా ఏమీ లేకపోయినా ఒక వస్తువు రెండో దాని మీద ఏవిధంగా ప్రభా వాన్ని చూపగలుగుతోంది?

ఒక ఆవేశపూరిత వస్తువు కొంత దూరంలో మరో ఆవేశం ఉందని ఏదో విధంగా పసిగట్టగలుగుతుందని మనం అర్థం చేసుకోవాలా? వ్యతిరేక గుర్తు గల ఆవేశాల వైపు ఆ వస్తువుని ఒక "అజ్ఞాత బలం" ఏదో లాగుతోందేమో?

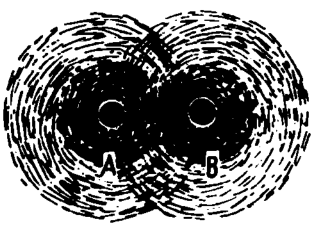
ఆ కాలంలోని దూరవు ప్రభావ సిద్ధాంతం పై విషయాలని ఆవిధంగా వివరిం చేది. కాని అదేమి వివరణ? అది ఇద్దరు ప్రేమికుల విరహం గురించిన వర్ణనలా ఉంది కాని రెండు భౌతిక వస్తువుల అన్యోన్య ప్రభావాన్ని గురించి చెప్పేనదానిలా లేదు.

ఏదెలా ఉన్నా ఆ కాలంలో విజ్ఞానశాస్త్రం దీన్ని మించి అర్థమయేలా ఏమీ చెప్ప లేకపోయింది. విద్యుత్తు గురించి అప్పటిలో దానికి తెలిసింది బహు స్వల్పం. ఒకవేళ వ్యవహారం యాంత్రిక శాస్త్రంలో ఉందేమో! ఇక్కడంతా స్పష్టంగా కంటికగుపడు తుంది. అఘాతం, పీడనం, కర్షణాల ద్వారా వస్తువులు ఒకదానిమీద ఇంకోటి ప్రభా వాన్ని చూపుతాయి. వస్తువులు ఒకదాన్నొకటి తాకినపుడు మాత్రమే బలాలు ఏర్పడు తాయి. మరి అలాంటప్పుడు ప్రతీ యాంత్రిక వస్తువూ భూమి గురుత్వాకర్షణ శక్తులవి ఎంతో దూరంలోనే తెలుసుకుంటోంది కదా! ఎలాంటి తులాదండాలూ, గొలుసులూ, కడ్డీలూ లేకుండానే భూమి దూరాన్నుంచే అన్ని వస్తువుల మీదా ప్రభావాన్ని చూపి స్తోంది కదా, ఎందువల్ల?

ద్రవ్యరాశి వున్న ప్రతీ వస్తువు మీద గురుత్వాకర్షణ శక్తి పనిచేస్తుంది. వేరే ఆవేశానికి దగ్గర్లో ఉన్న ఆవేశం కూడా బల ప్రభావానికి లోనవుతుంది. ఈ బలాల్ని కంటికి కనపడేలా చూపించలేమా?

అది సాధ్యమే అని తేలింది. ఫారడే తొలిసారిగా చేసింది సరిగ్గా ఆ పనే. విద్యుత్తుతో ఆవేశపూరితమైన వస్తువు చుట్టూ బాణం గుర్తులని ఉంచాడు. అవా బల ప్రభావపు దిశని చూపిస్తాయి. (2. 1 చూడండి).

ప్రతీ ఆవేశానికీ ఒక "నిర్దిష్ట ప్రభావ పరిధి" ఉంటుంది. సూర్యుడి నుంచి కిరణాలు విడుదలయినట్లు ఆవేశం నుంచి అంతరాళంలోకి బలాలు విడుదలవుతాయి (2. 5 చూడండి).



అలా అయితే అంతరాళం ద్వారా ప్రభావం కల్పించడంలో ఉన్న రహస్య మేమిటి? ఆవేశం చుట్టూ ఉన్న అంతరాళం ఖాళీగా ఉండకుండా పోవడమే. ఆవేశం చుట్టూ ఒక 'క్షేత్రం' ఏర్పడుతుంది. అదే బల ప్రభావ క్షేత్రం. అంతేకాని దూర ప్రభావం అంటూ ఏదీ లేదు. ఇక్కడ బలాలు అతి దగ్గర పరిసరాలలో పనిచేస్తూంటాయి. ప్రతీ అంతరాళ బిందువులోనూ ఒక క్షేత్రం ఉంటుంది. దాంట్లోకి తీసుకురాబడిన ప్రతీ ఆవేశం మీదా ఆ క్షేత్రం తన ప్రభావాన్ని చూపిస్తుంది.

అది అత్యద్భుతమైన ఊహ. లోతైన ఎంతో భవిష్యత్తు గల ఆ ఊహ ఎటువంటి పర్యవసానాలకి దారితీస్తుందో చివరికి ఫారడే కూడా ఊహించలేకపోయాడు.

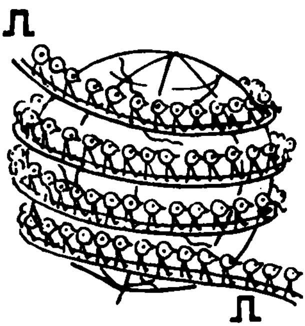
సమిష్టిగా ఎలక్ట్రాన్లు పనిచేస్తాయి

ఇదీ మూలాంశం

2. 7

ఎలక్ట్రాన్ ఆవేశం, ద్రవ్యరాశులు ఎంత స్వల్పాతిస్వల్పం అంటే ఎలక్ట్రాన్ చేసే పనిని గుర్తించడం ఎవరివల్లా సాధ్యపడేది కాదు. కాని ఎలక్ట్రాన్ ఎప్పుడూ ఒంటరిగా పనిచెయ్యదు. ఒక తీగని విద్యుత్ జనకానికి అనుసంధించగానే అది ఎంత పొడుగైనదయినా సరే దానిలోని ఎలక్ట్రాన్లన్నీ ఒక్క క్షణంలో చలనంలోకి వస్తాయి.

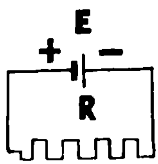
2. 8

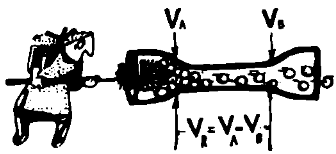


చివరికి తీగ పొడవు 300 000 కిలో మీటర్లున్నా, భూమధ్య రేఖ చుట్టూ ఏడున్నర సార్లు చుట్టగలిగినంత ఉన్నా, ఒక కొన దగ్గర ప్రారంభమయిన స్పందనం చివరి దాకా వెళ్లడానికి ఒక్క క్షణం సరిపోతుంది. దాని అర్థం 300 000 కిలో మీటర్ల దూరాన్ని ఎలక్ట్రాన్లు ఒక సెకనులో ప్రయాణం చేయగలిగాయని కాదు. అవి, బారులు తీరిన సైనికులు మార్చ్! అని ఆదేశం రాగానే ఒకేసారి కదంతొక్కినట్లు ఒకే క్షణంలో చలించడం ప్రారంభిస్తాయి.

2. 9

విద్యుత్ వలయంలో మూడు ప్రధాన అంశా లుంటాయి. వోల్టేజి జనకం (E), భార నిరోధకం (లోడ్ రెసిస్టర్ – R) అనుసంధించే తీగలు. బాహ్య వలయానికి (తీగలు, లోడ్) కొంత నిరోధం ఉంటుంది. జనకానికి ఉండే శక్తి మూలంగా అది నిరోధకం గుండా ఎలక్ట్రాన్లని నెట్టగలుగుతుంది. బాహ్య వలయం గుండా విద్యుత్తును నెట్టగలిగే జనకం సామర్థ్యాన్నే విద్యుచ్చాలక బలం – E (ఇ. ఎమ్. ఎఫ్.) అంటారు.





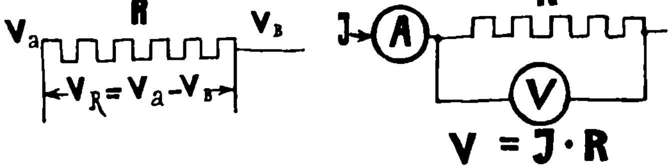
2. 10



బాహ్య వలయంలో కరెంటు ప్రవహిస్తున్నప్పుడు వలయంలో వోల్టేజి పడిపోతుంది (V_{clr})

మొత్తం వలయంలో పడిపోయే వోల్టేజి ఎప్పుడూ జనకం విద్యుచ్ఛాలక బలానికి సమానంగా ఉంటుంది. అంటే $E=V_{clr}$ అన్నమాట.

2. 11



సాధారణంగా తీగలకి ఉండే నిరోధం తక్కువగా ఉంటుంది. ప్రధానంగా భార నిరోధకంలో వోల్టేజ్ పడిపోతుంది. ఇక్కడ ప్రయాణం చేస్తున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు నిరోధకం రెండు కొనల దగ్గర పొటెన్షల్ భేదాన్ని, $V_R = V_A - V^B$ సృష్టిస్తాయి.

భార నిరోధకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ బలం (I)కీ, వోల్టేజ్ పాతం (V_r)కీ మధ్య ఉండే సంబంధమే అందరికీ తెలిసిన ఓమ్ నియమం:

$$I = V_R / R$$

నిరోధకం R గుండా ఒక సెకనులో ప్రవహించే ఎలక్ట్రాన్‌ల పరిమాణం మీద విద్యుత్ ప్రవాహ బలం ఆధారపడి ఉంటుంది.

విద్యుత్ ప్రవాహం 10 మిల్లీ ఆంపియర్లు (ఆంపియర్లో 10వేంవ భాగం) ఉన్నప్పుడు, తీగ మధ్యచ్ఛేదం గుండా సెకనుకు సుమారు 63×10^{15} ఎలక్ట్రాన్‌ల గుంపు పరుగెడుతుంది. ట్రయోడ్, డయోడ్‌ల గుండా కూడా సెకనుకు అదే సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్‌లు వెళ్తాయి. మామూలు ఫిలమెంటు విద్యుత్ దీపంలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఆంపియర్‌లో అనేక పాళ్లు తక్కువ, కానీ వాటిలో ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య 50 రెట్లు ఇంకా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

2. 12

నిరోధకం గుండా ప్రయాణం చేసిన ఎలక్ట్రాన్ తన శక్తిని కోల్పోతుంది. ఆ శక్తి ఉష్ణ రూపంలో విడుదలవుతుంది. ఒక ఎలక్ట్రాన్ విడుదలచేసే ఉష్ణం ఎంత తక్కువంటే దాన్ని మనం గమనించడం కష్టం. అదే ఎలక్ట్రాన్‌ల సమూహం నిరోధాన్ని ఎంతో అధిక ఉష్ణోగ్రత దాకా వేడెక్కించగలదు. విద్యుచ్ఛక్తిని వినియోగించుకుంటూ పనిచేసే పరికరాలు ఎన్నో ఉన్నాయి. వీటిలో కదులుతున్న ఎలక్ట్రాన్‌ల శక్తి ఉష్ణ శక్తిగా విడుదలవుతూంటుంది.

విద్యుచ్ఛక్తిలో పనిచేసే ప్రతీ పరికరానికీ ఎంతో కొంత నిరోధం ఉంటుంది. ఇది పరికరంలో కొంత వోల్టేజ్ పడిపోయేటట్లు చేస్తుంది.

$$V_R = V_A - V$$

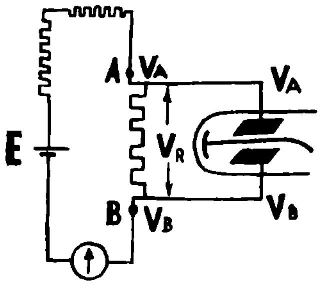


పొటెన్షల్ భేదం మీద శక్తి ఆధారపడి ఉంటుందని (2. 6 చూడండి) మనకి ఇప్పటికే తెలుసు. అంతేకాకుండా ఓమ్ నియమం ప్రకారం V_R ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే నిరోధకం R గుండా ప్రయాణం చేసే ఎలక్ట్రాన్ల సమూహం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది (2. 11 చూడండి). కాబట్టి V_R పెరిగే కొలదీ ప్రతీ ఎలక్ట్రాన్ వెచ్చించే శక్తి పెరుగుతుంది. అలాగే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య కూడా పెరుగుతుంది. అందుకనే భార నిరోధక Rలో యివ్వబడిన సామర్థ్యం P (పవరు) Vకి వర్గంగా పెరుగుతుంది:

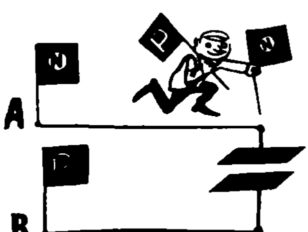
$$P=V_R^2/R$$

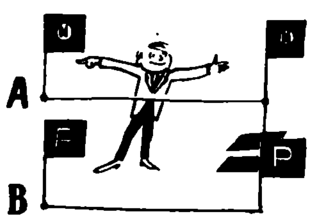
2. 13

విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న నిరోధకం A, B రెండు కొనలకీ కేథోడ్-రే గొట్టం లోని కిరణాలని వంచే (డిఫ్లెక్షన్) ప్లేట్లని కలిపితే ఒక ప్లేట్ పొటెన్షల్ V_A, రెండో ప్లేట్ పొటెన్షల్ V_B అవుతుంది (అలా కలుపుతున్న తీగల నిరోధం అతి స్వల్పం కాబట్టి దాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోనవసరం లేదు).



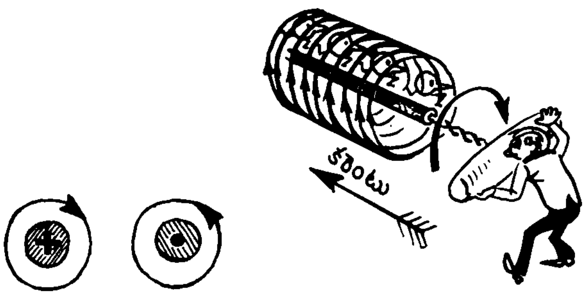
అటువంటి సందర్భంలో నిరోధకం R నుంచి వోల్టేజి $V_R=V_B-V$ తొలగించబడి ప్లేట్ల మీదకి తరలించబడిందని అంటారు. ఎలక్ట్రాన్ వాల్వుకి (కేథోడ్‌కీ, గ్రిడ్‌కీ మధ్య) ఏకాంతర (ఆల్టెర్నేటింగ్) వోల్టేజిని యిచ్చి, నిరోధకం నుంచి వాల్వులో ఆనోడ్‌కి ఒక వరుసలో కలపబడిన వోల్టేజిని తొలగించినట్లయితే వోల్టేజి తీవ్రత ఎన్నో రెట్లు పెరుగుతుంది (1. 34 చూడండి).





2. 14

తీగ గుండా ప్రవహిస్తున్న ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉష్ణాన్నే కాకుండా ఇంకో రకం శక్తిని కూడా పుట్టిస్తాయి. అదే విద్యుత్ క్షేత్ర శక్తి.

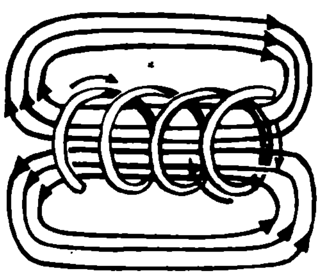


విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టూ ఎప్పుడూ అయస్కాంత క్షేత్ర బల రేఖలు ఉంటాయి. కార్క్ స్క్రూ పిడిని కుడిచేత్తో పట్టుకుని విద్యుత్ ప్రవహించే దిశలో తిప్పినట్లయితే బొటనవేలు ఏ దిశలో తిరుగుతుందో ఆ దిశలో అయస్కాంత బల రేఖలు ఉంటాయి. విద్యుత్ ప్రవాహం, అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య అన్యోన్య ప్రభావాలని లెక్కగట్టే అన్ని సూత్రాల్లోనూ సాంకేతిక విద్యుత్ ప్రవాహం అనేది ఒకటి ఉంటుందనే విషయం గమనించాలి (అది ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహానికి వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహిస్తుంది. ఈ గందరగోళానికి చారిత్రాత్మక కారణాలున్నాయి. ఎలక్ట్రాన్‌ని కనుక్కోడానికి ముందే ఆ సూత్రాలని కనుక్కోడమే దానికి కారణం).

2. 15

సర్పిలాకారంలో చుట్టబడిన తీగలో అయస్కాంత రేఖలు కూడా ''సామూహికంగా'' పనిచేస్తాయి. అక్షం దిశలో పనిచేస్తున్న ప్రధాన ప్రవాహంలో అవి వచ్చి చేరతాయి.



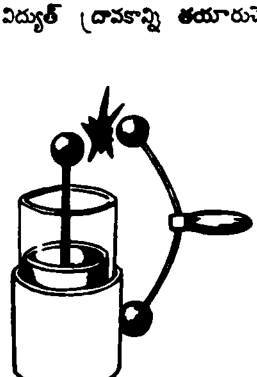


అప్పుడు సొలెనాయిడ్ అనేది ఏర్పడుతుంది. సొలెనాయిడ్ చుట్టూ గుండా బలమైన విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపుతూ దానిలోపల నుంచి అయస్కాంత ధర్మాలున్న అంత ర్భాగాన్ని (కోర్) ఉంచినట్టయితే అది ఎంతో బలమైన విద్యుదయస్కాంతంగా మారు తుంది.

జాడీలో మెరుపు

ఫారడే కాలంలో విద్యుత్తుని గురించిన శాస్త్రం ఎంతో త్వరితంగా అభివృద్ధి చెందసాగింది. ప్రతీ ఆవిష్కరణా వెంటనే ఉపయోగపడేది. దాంతో కొత్త ఊహాలకి, ఆలోచనలకి అది దారితీసేది.

కొన్ని దశాబ్దాల క్రితమే ఆవేశాల ధర్మాలని కూలామ్ పరిశోధించాడు. ఈ ఆవేశాలని ఏం చేసుకోవాలో ఆరోజుల్లో ఎవరికీ తెలిసేది కాదు. సహజమే కదా మరి! ఎందుకంటే విద్యుత్ ఘటాలు ఉండేవి కాదు, తీగల ద్వారా ఆవేశాలని రవాణా చేయవచ్చని ఎవరి ఊహాకైనా తట్టలేదు. కాని ఆరోజుల్లో యాంత్రిక శాస్త్రం గురించి బాగా తెలిసివుండేది. అందుకనే ముందుగా యాంత్రిక శాస్త్ర సహాయాన్ని తీసుకో వాలని నిర్ణయించారు. ఏంబర్ దండాన్ని చేతులతో రుద్దే బదులు ప్రత్యేకమైన చక్రాన్ని తయారుచేయాలని అనుకున్నారు. ఏంబర్ దండం స్థానంలో పెద్ద గాజు జాడీని తీసుకున్నారు. దాని లోపల బయట సీసం పొరలని ఉంచారు. ఆవిధంగా హాలండ్ దేశంలోని లేయ్‌డెన్ నగర ప్రయోగశాలల్లో తొలి కండెన్సర్లు (కెపాసిటర్లు) అవతరించాయి. ఇవే "లేయ్‌డెన్ జాడీలు" అనే పేరుతో ప్రసిద్ధికెక్కాయి. ఆ యంత్రం ఒక అజ్ఞాత విద్యుత్ ద్రావకాన్ని తయారుచేయడం మొదలెడుతుందనీ లేయ్‌డెన్ జాడీని ఆ ద్రావకంలో అంచుల దాకా నింపుతుందనీ భావించేవారు.



యాంత్రిక శాస్త్రం తన ఘనతని రుజువు చేసుకుంది. జుట్టుని దువ్విన తర్వాత దువ్వెన చీకటి గదిలో కనీకనిపించని విద్యుదావేశపు రవ్వలు ఏర్పరిస్తే, చక్రం లేయ్‌డెన్ జాడీలో భారీ ఆవేశాలని ఏర్పరిచింది. ఆ ప్రయోగాలు జరపడం ఎంత ఫేషన్ అయిందంటే వాటిని ప్రయోగశాల ల్లోనే కాకుండా ధనవంతుల ఇళ్ళల్లోనూ, రాజ భవనాల్లోనూ కూడా నిర్వహించడం మొదలెట్టారు.

లూయీ-XV, తన సైనికులని ఒక వలయంలో నిల్చోబెట్టి లేయ్‌డెన్ జాడీలోని విద్యుదావేశ ప్రవాహం ఆ సజీవ వలయం గుండా ప్రవహిస్తున్నప్పుడు సైనికుల హావభావాలను చూసి ఆనందిస్తూండేవాడు. ఆశ్చర్యంతో నోళ్లు వెళ్లబెట్టి చూస్తున్న ఆ జనం కళ్ల ముందు జాడీలోనుంచి మెరుపు తీగలని పోలిన రవ్వలు వెల్వడేవి. ఎంత



విద్డూరం, జాడీ ఏమిటి అందులో మెరుపులేమిటి? శాస్త్రం సాధించలేని అద్భుతం ఏముంది? అంటూ ధనికవర్గం సంభ్రమాశ్చర్యాలలో మునిగిపోయేది. కాని అంతకు మించిన పరిశోధనలేవీ జరగలేదు.

ఫారడే కాలంలో వ్యవహారం వేరేగా ఉండేది. విద్యుత్తు, అయస్కాంత విషయాల పట్ల ప్రగతిశీల శాస్త్రవేత్తలందరూ ఆకర్షించబడ్డారు. ఆంపియర్, డేవీలు, వోల్టా, ఓమ్‌లు, అయర్‌స్టెడ్, హెల్మ్‌హోల్ట్జ్‌లు ఒకే విధమైన సమస్యలని వివిధ కోణాలనుంచి పరిశీలించసాగారు. ఉరుముకి ముందు మెరుపు పాకినట్లు, గాలిలో ఎన్నో భావాలు విస్తరించసాగాయి. ఇదేమీ శాస్త్రం కోసం శాస్త్రం కాదు. అలాగే ఎవరో విడి వ్యక్తుల కుతూహలమూ కాదు. విజ్ఞానశాస్త్రం ముందు దైనందిన జీవితం కచ్చితమైన లక్ష్యాలని ఉంచింది, కొత్తగా తలెత్తే అన్ని సమస్యలకీ పరిష్కారాన్ని కోరింది.

ఒకవేళ ఆ సమస్యలని పరిష్కరిస్తూ విజ్ఞానశాస్త్రం తెలియని కొత్త విషయాలని ఎదుర్కొంటే? అయితే ఏమిటి, మరీ మంచిది! ఎన్నో కొత్త ప్రాయోగిక వ్యవహారాలకి కొత్త పునాదులు ఏర్పడతాయన్నమాట.

ఆవిధంగా శుద్ధ లోహాలని, వాయువులనీ పొందడానికి రూపొందించబడిన విద్యుత్ విశ్లేషణ ఎలక్ట్రాన్‌ని కనుక్కోవడంలో సహాయపడింది. ఆ రసాయన ప్రక్రియలే తొలి విద్యుత్ జనకాలకి మూలం అయాయి. గాల్వనీ, వోల్టాల ఆవిష్కరణల ఫలితంగా విద్యుత్ జనకాలు రూపొందాయి. అవి అలాగే గాల్వనీ ఘటం, వోల్టా ఘటం అనే పేర్లతో వాడుకలోకి వచ్చాయి.

ఆ జనకాల ఆవిష్కరణతో విద్యుత్తు పట్ల ఆసక్తి విపరీతంగా పెరిగింది. అవే కాలవి తీగ గుండా ప్రసారం చేయడం తెలుసుకున్నారు. అలాగే వెంటనే తీగ గుండా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నప్పుడు ఉష్ణం విడుదల అవుతుందని కూడా తెలుసుకున్నారు. ఆ ఉష్ణంచేత పని చేయించుకోవచ్చు అనే భావాన్ని బాగా అర్థంచేసుకున్నారు. ఆ భావం గత శతాబ్దపు సాంకేతిక విజ్ఞానంలో గొప్ప విప్లవాన్నే తీసుకువచ్చింది.



పోలికా, బాంధవ్యమా?

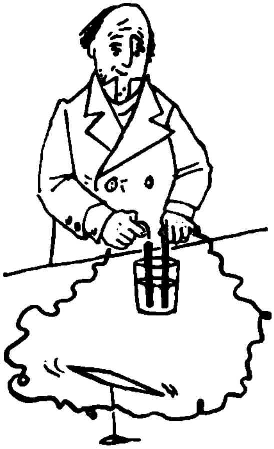
ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించిన పరిజ్ఞానం ఫారడేకి ఏమాత్రం లేదు. కూలామ్ సంగతి ఇంక చెప్పనవసరం లేదు. అయితేనేం, ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిలో వాళ్లిద్దరూ దాదాపు ప్రధానమైన పాత్ర వహించారనే చెప్పాలి. కూలామ్ ఆవేశాన్ని అధ్యయనం చేశాడు. ఫారడే విజ్ఞానశాస్త్రంలో క్షేత్రం అనే భావాన్ని ప్రవేశపెట్టాడు. ఇంతకీ ఎలక్ట్రానిక్స్ దేంతో వ్యవహరిస్తుంది?

అనేక పనులలో పాల్గొంటుంది. స్విచ్చులు, టెలివిజన్, కంప్యూటర్లు ఇవే కాకుండా ఇంకా ఎన్నో వాటితో వ్యవహరిస్తుంది. కాని దీన్నంతా ఎంతో జాగ్రత్తగా పరిశీలిస్తే పై వాటన్నింటికీ కారణం కూలామ్ అధ్యయనం చేసిన ఆవేశాలు, ఫారడే ఆవిష్కరించిన క్షేత్రం, వీటి మధ్య జరిగే వివిధ అన్యోన్య చర్యలే అని అర్థమవుతుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఫారడే క్షేత్రాలే కాకుండా ఇతర క్షేత్రాలని కూడా పరిశోధించాల్సి ఉంటుందని చెప్పాలి.

ఫారడే అధ్యయనం చేసిన క్షేత్రాలు స్థిర ఆవేశాలు ఏర్పరిచినవి. గాలంటూ లేని ప్రశాంత వాతావరణంలో చలించని ఇసకదిబ్బల్లాంటివి అవి.

ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో ఆవేశాలు ఎంతో చురుగ్గా కదుల్తూ ఉంటాయి. కేథోడ్ నుంచి విడుదలయే ఆ ఎలక్ట్రాన్‌లు అనంతమైన ధారలా ఆనోడ్ వైపు ప్రవహిస్తాం



టాయి. ఆనోడ్ నుంచి తీగ గుండా, ఇతర అంశాల గుండా ఇతర పరికరాలకి, ఇతర తీగలకి అవి ప్రయాణం చేస్తూంటాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లని క్షేత్రం నీడలా వెన్నాడుతూంటుంది. ఇంక అది చలనంలేని స్థిరమైన క్షేత్రం కాదు. విద్యుత్ ప్రవాహం మారితే అదీ మారుతుంది. ఎ. సి. విద్యుత్తుని తీసుకువెళ్లే తీగల చుట్టూ ఉండే క్షేత్రం ఇంకేమాత్రం చలనం లేని ఇసకదిబ్బని పోలి ఉండదు. అది నిరంతరం చలిస్తూ ఉండే తరంగాలతో ఒక అల్లకల్లోలమైన సముద్రాన్ని పోలి ఉంటుంది. అవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు.

విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు – ఈ భావాల్లో ప్రకృతిలో విడదీయరాని రెండు వేర్వేరు దృగ్విషయాలు – విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వాలు కలిసి ఒకటిగా మూర్తీభవించి ఉన్నాయి.

ఆ రెండింటి మధ్య సంబంధాన్ని కనుక్కోవడం వెంటనే ఏమీ సాధ్యపడలేదు. ముందు వాటి మధ్య వున్న పోలికని గమనించారు. ఏంబర్ దండం ఊలు ముక్కలని ఆకర్షిస్తే, అయస్కాంతం ఇనుప రజనుని ఆకర్షిస్తుంది. ఆవేశం చుట్టూ విద్యుత్ క్షేత్రం ఉంటే, అయస్కాంతం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఉంటుంది. క్షేత్రం, ఫారడే ఊహాకల్పన ఏమీ కాదు. ఒకవేళ మీరు అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని చూడాలనుకుంటే కాగితం మీద ఇనుప రజనును పోసి కింద అయస్కాంతాన్ని ఉంచండి. వెంటనే ఫారడే ఎటువంటి బల రేఖల్ని గీసి చూపాడో సరిగ్గా అలాంటివే ఏర్పడతాయి (2. 2 చూడండి).

అలాగే వాటిలో తేడాలనీ గుర్తించారు: ధన, ఋణ ఆవేశాలు రెండూ ఒకదానితో మరొకటి సంబంధం లేకుండా స్వతంత్రంగా ఉండగలవు. కాని అయస్కాంత ధ్రువాలు రెండింటినీ వేరుచేయడం అసంభవం. అయస్కాంతాన్ని రెండు ముక్కలుగా విరగ్గొట్టవచ్చు. కాని ఈ రెండు ముక్కల్లోనూ ఉత్తర ధ్రువం, దక్షిణ ధ్రువాలు ఉండితీరతాయి. కట్టుకథల్లో నిప్పులు కక్కే రాకాసి బల్లి లాంటిది అయస్కాంతం: ఎన్నిసార్లు తల నరికేసినా కొత్త తల మొలుచుకొస్తుంది. *

---

* సందర్భం వచ్చింది కాబట్టి చెప్పుకుందాం. కొంత కాలం గడిచిన తర్వాత కొన్ని పదార్థాలు కదలకుండా వుండే ఆవేశాలని పట్టి వుంచగల సామర్థ్యాన్ని కలిగివుం

కొన్ని పోలికలతోనూ, కొన్ని తేడాలతోనూ విజ్ఞానశాస్త్రంలోని రెండు విషయాలు విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వాలు అలా కలిసి ఉండేవి. ఆ రెండింటి మధ్యా సంబంధాన్ని కనుక్కొనే వరకూ రెండింటి మీదా విడివిడిగా పరిశోధనలు జరిపారు. యాదృచ్ఛికమైన అదృష్ట సంఘటన ఇక్కడ సహాయపడింది. 1819వ సంవత్సరంలో డెన్మార్క్ దేశపు శాస్త్రజ్ఞుడు అయర్‌స్టెడ్ విద్యుత్తుకు సంబంధించిన ప్రయోగాలని విద్యార్థులకి ప్రదర్శించాడు. తీగకి సమీపంలో ప్రయోగానికి ఏమాత్రం సంబంధం లేకుండా ఉన్న దిక్సూచి (కమ్పాస్) ముల్లు కదలసాగింది.

"మీరు విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఆన్ చేస్తూంటే కమ్పాస్ ముల్లు ఎందుకు కదుల్తోంది?" అని అయర్‌స్టెడ్‌ని అడిగారు. ఆ ప్రశ్నతో అయర్‌స్టెడ్ ఒక్కడే కాదు, ఆనాటి విజ్ఞానశాస్త్ర ప్రపంచమంతా తీవ్రమైన ఆలోచనలో పడింది.

మెదడుకి మేత దొరికింది. తీగ గుండా ప్రవహిస్తున్న 'విద్యుత్' ప్రవాహం 'అయస్కాంత' క్షేత్రాన్ని ఏర్పరిచింది. అప్పటిదాకా ఆ రెండూ వేర్వేరు దృగ్విషయాలుగా ఉండేవి. ఉన్నట్లుండి ఆ రెండింటి మధ్యా విడదీయరాని బంధం కనుగొనబడింది.

అయర్‌స్టెడ్ అడుగుజాడల్లో

అయర్‌స్టెడ్ జరిపిన ప్రయోగాల సంగతి అతి కొద్ది కాలంలోనే ప్రపంచమంతటా పాకిపోయింది. విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగ ఆ రోజుల్లో అయస్కాంత ముల్లునొక్కదాన్నే కాదు. అన్ని దేశాల్లోని విజ్ఞానుల మేధస్సునూ ఆకర్షించింది. వాళ్లంతా తీగతో తిరిగి తిరిగి ప్రయోగాలు జరిపారు. అతి సరళమైన ఆ తొలి ప్రయోగ ఫలితానికి వివరణని ఇంకా ఎవరూ ఇవ్వలేకపోయినా కొత్త ఆవిష్కరణలు ఏవో చోటుచేసుకోబోతున్నాయని అందరూ నమ్మారంటే అది యాదృచ్ఛికం ఏమీ కాదు.

ఇంతకీ తీగ దగ్గరి ముల్లు పక్కకి తిరిగేలా చేసేదేమిటి? తీగ లోపలే కాకుండా చుట్టూ కూడా విద్యుత్ ప్రవహిస్తూంటుందనీ, దాని మూలంగా ముల్లు కదులుతుందనీ అయర్‌స్టెడ్ భావించాడు. ఆంపియర్ ఇంకో రకం సిద్ధాంతాన్ని ముందుంచాడు.

---

* టాయని కనుక్కున్నారు. కొన్ని నిర్ణీత స్థానాల్లో అణువులో, అయానులో ఉండటం మూలంగా అలా జరుగుతుంది. అటువంటి పదార్థాలని ఎలెక్ట్రేట్‌లు అంటారు. ఎలెక్ట్రేట్‌తో తయారైన కడ్డీని రెండు ముక్కలుగా విరిస్తే ప్రతి ముక్కలోనూ ప్లస్, మైనస్‌లు రెండూ వుంటాయి.

అయస్కాంతీకరించబడిన ముల్లులో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుందనీ, అదీ తీగ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తూ రెండూ ఒకదాని మీద ఇంకోటి అన్యోన్య ప్రభావాన్ని కలిగివుంటాయనీ ఆయన ప్రతిపాదించాడు.

ఇద్దరిలో ఎవరు రైటు? ఒకవేళ ఇద్దరిదీ తప్పేనేమో? ఊహాలని సమర్థించడానికీ లేక ఖండించడానికీ వ్యవహారాన్ని పూర్తిగా వివరించడానికీ కొత్త ప్రయోగాలు అవసరమయాయి.

అయర్‌స్టెడ్ చేసిన ప్రయోగాలని పారిస్‌లోనూ, లండన్‌లోనూ, పీటర్స్‌బర్‌లోనూ, ఫ్లారెన్స్‌లోనూ, మ్యూనిఖ్‌లోనూ, హైడెల్‌బర్గ్‌లోనూ, జెనీవాలోనూ విరామం లేకుండా తిరిగి తిరిగి చేశారు. అయస్కాంత ముల్లుకి దగ్గరలో తీగని ఉంచి అక్కడ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపారు. ప్రతిసారి ముల్లు ఒకేలా ప్రవర్తించింది.



తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహించిన క్షణంలోనే ముల్లు తీగకి లంబకోణంలో తిరిగిపోయేది.

అయర్‌స్టెడ్ ఆవిష్కరణతో ఆంపియర్ ఎంతో ఉత్తేజాన్ని పొందాడు. ఆయన ప్రయోగశాలని వదిలి బయటికి రావడం మానేశాడు. ఆవేశాలు స్థిరంగా ఉండకుండా తీగల్లో కదుల్తున్నప్పుడు అవి ఒకదానిమీద మరొకటి ఎటువంటి అన్యోన్య ప్రభావాన్ని చూపిస్తాయో ఆయన పరిశోధించ పూనుకున్నాడు. ఇది ఆంపియర్‌కి అలవాటైన విషయం కాదు. ఇప్పటిదాకా ఆయన తన ఆవిష్కరణలన్నిటినీ సిద్ధాంత రీత్యా జరిపాడు. పరిశోధనలని ప్రయోగశాలల్లో కాకుండా తన గదిలో నిర్వహించాడు. కాని ఇంక ప్రయోగం జరపకుండా పని జరగని పరిస్థితి ఏర్పడింది. ఎందుకంటే ప్రతి భావాన్ని తుణ్ణంగా పరిశోధించి నిరూపించాలి కదా.

ఫ్రెంచి అకాడెమీ వారి సమావేశంలో ఆంద్రే ఆంపియర్ అద్భుతమైన ఏడు ఉపన్యాసాలని ఇచ్చాడు. వాటిలో తన పరిశోధనల ఫలితాలన్నింటినీ క్రోడీకరించాడు. ఆ ఏడు ఉపన్యాసాలూ ఆంపియర్ పరిశోధనలు జరిపిన రెండు విభాగాల సరిహద్దుల్లో

ఏడు మైలు రాళ్లుగా పేర్కోవచ్చు. సరిహద్దుకి ఒక వైపున చలనం లేని ఆవేశాలకి సంబంధించిన విషయాలూ, రెండో వైపున చలనంలో ఉన్న ఆవేశాలూ, విద్యుత్ ప్రవాహం ద్వారా జనించిన దృగ్విషయాలూ ఉన్నాయి.

మొదటి విభాగానికి స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రం అనే పేరు వచ్చింది (స్టాటిక్ అంటే స్థిరమైన అని అర్థం). స్థిర ఆవేశాల ధర్మాల పట్ల కూలామ్ కూడా కుతూహలం చూపించాడు. రెండవ విభాగాన్ని విద్యుత్ గతి శాస్త్రం అంటారు. ఇది చలనంలో ఉన్న ఆవేశాల చర్యల గురించిన శాస్త్రం. ఈ శాస్త్రానికి ఆంపియర్ తన పరిశోధనల ద్వారా పునాదిని వేశాడు. అదే సమయంలో అద్భుతమైన ఆవిష్కరణలని ఎన్నింటినో ఆయన చేశాడు. వాటిలో ప్రఖ్యాతిగాంచిన సొలెనాయిడ్ ఒకటి. దాన్ని ఆధారం చేసుకుని అమెరికన్ శాస్త్రజ్ఞుడు హెన్రీ త్వరలో విద్యుదయస్కాంతాన్ని రూపొందించాడు (2. 15 చూడండి). అది దాదాపు 2 టన్నుల బరువుని ఎత్తగలిగింది.

ముల్లు ఎటువేపు తిరుగుతుంది?

ప్రతిభాశాలి అయిన ఆంపియర్ పారిస్‌లో కొత్త విజ్ఞానశాస్త్రానికి పునాది వేశాడు. అదే సమయంలో యువకుడూ, వినయవంతుడూ అయిన ఫారడే లండన్‌లోని రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూట్‌లో పనిచేస్తూండేవాడు. అంతకుముందు చేసే పుస్తకాల బైండింగు పనిని వదిలిపెట్టి విద్యాలయంలో పనికి కుదిరిన ఫారడే ఆయర్‌స్టెడ్ వెనకాలే తనుకూడా అయస్కాంత ముల్లు పక్కన తీగని ఉంచి అందులోంచి విద్యుత్తుని ప్రవహింపచేశాడు.

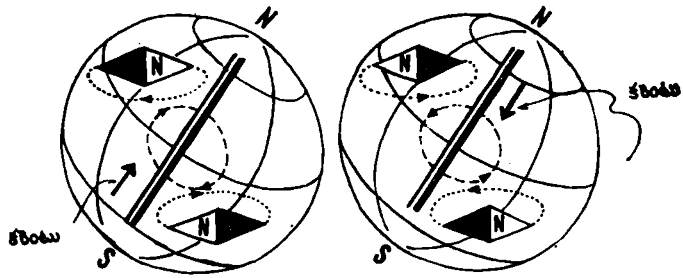
ప్రకృతి ఫారడేకి అద్భుతమైన ఒక వరాన్ని ఇచ్చింది. ఫారడే ప్రతీదీ తన చేతులతో చేసి చూసేవాడు. ఎవరో చెప్పిన వివరణలని తను స్వంతంగా చేసి చూసేంతవరకు నమ్మేవాడు కాదు.

అవును, నిజంగానే విద్యుత్ ప్రభావానికి ముల్లు పక్కకి తిరిగింది. కాని దాన్ని అలా పక్కకి తిరిగేలా చేసేదేమిటి? తీగల చుట్టూ ఉండే ప్రదేశంలో ప్రవహించే విద్యుత్తా? లేకపోతే ముల్లు చుట్టూ ఉండే విద్యుత్తా? కాదు, దాన్నింకా పరిశోధించి చూడాలి.

విద్యుత్తు దక్షిణాన్నుంచి ఉత్తరానికి ప్రవహిస్తుంటే విద్యుత్ ప్రవహించే తీగకింద ఉన్న అయస్కాంత ముల్లుకి చెందిన ఉత్తర ధృవం పశ్చిమం వైపు తిరుగుతుంది.* అదే ముల్లుని విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ పైన ఉంచితే ఏమవుతుంది? ఒకవేళ

---

* ఇక్కడ విద్యుత్‌యొక్క సాంకేతిక దిశ గురించి చెప్పబడింది.



విద్యుత్ ప్రవాహ దిశని మారిస్తే? అంతా పైదానికి విరుద్ధంగా జరుగుతోంది. తీగ కింద ఉన్న ముల్లు తూర్పుకి తిరిగితే, తీగ పైన ఉన్నది పశ్చిమ దిశవైపు తిరుగుతోంది. దీనంతటికీ కారణం ఏమిటి?

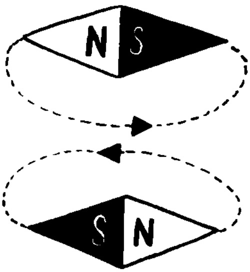
ఒకవేళ విద్యుత్తు అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తోందేమో? ఫారడేకి అనుమానం తలెత్తింది. తీగ చుట్టూ వలయాల రూపంలో (2. 14 చూడండి) అయస్కాంత బలాలు ఏర్పడతాయని అనుకుందాం. అయితే ఆ వలయాలు ముల్లుమీద ఏవిధంగా పనిచేస్తాయి?

అయస్కాంతీకరించబడిన రెండు ముల్లుల విరుద్ధ ధృవాలు ఒకదాన్నొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి. అప్పుడు వాటి బల రేఖలు ఎదురెదురు దిశల్లో ఉంటాయి. ఇక్కడా ఒకవేళ అదే నియమం పనిచేస్తోందేమో?

ఉదాహరణకి, విద్యుత్తు దక్షిణాన్నుంచి ఉత్తరానికి ప్రవహిస్తోందనుకుందాం. అలాగే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టూ ఉండే అయస్కాంత బలాలు, గడియారం ముల్లు తిరిగే దిశలో తిరుగుతున్నాయనుకుందాం. అప్పుడు విద్యుత్తు ప్రవాహం ఏర్పరచిన అయస్కాంత బల రేఖలు, అయస్కాంత ముల్లు బల రేఖలకి వ్యతిరేక దిశలో కదుల్తాయి. కానదే తీగ కింద ముల్లుని ఉంచినట్లయితే ముల్లుకి చెందిన ఉత్తర ధృవం పశ్చిమం వైపు తిరుగుతుంది. చాలా బాగుంది. ఇదంతా ప్రయోగం ద్వారా రుజువవుతోంది. ఒకవేళ తీగపైన ముల్లుని ఉంచినట్లయితే? రేఖలు తిరిగి వ్యతిరేక దిశలో పోవాలంటే అయస్కాంత ముల్లుకి చెందిన ఉత్తర ధృవం తూర్పువైపుకి తిరిగితీరాలి.

అదీ నిజమైన సత్యం. అయర్‌స్టెడ్ కొంతకాలం క్రితమే కనుగొన్న విషయానికి కారణం రెండు అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్యే!

ఆవిధంగా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ, అయస్కాంత ముల్లు మీద చూపే ప్రభావానికి కారణాలు కనుగొన్నారు. ఇప్పుడు ముల్లు ఎటువైపు తిరుగుతుందని ఏ స్కూలు పిల్లాడిని అడిగినా చెప్తాడు. ఎందుకంటే భౌతికశాస్త్ర పాఠ్య గ్రంథాల్లో

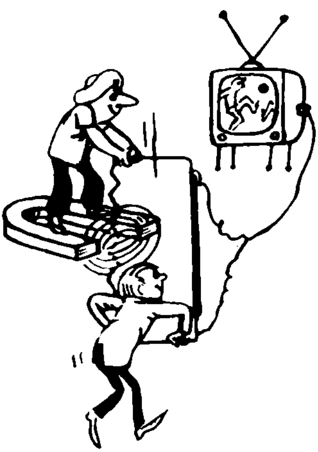


ఎంతో తేలికైన సూత్రం ఉంది. కార్కు స్క్రూపిడిని కుడిచేతితో పట్టుకుని విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలో తిప్పినట్లయితే బొటనవేలు ఏ దిశలో తిరుగుతుందో ఆ దిశలో అయస్కాంత బలరేఖలు తిరుగుతాయి. విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ మారితే కార్కు స్క్రూపిడి కూడా వ్యతిరేక దిశలో తిరుగుతుంది. అయస్కాంత ముల్లు కూడా వ్యతిరేక దిశ వైపు చూపిస్తుంది. అంతా సరిగ్గా ఫారడే ప్రయోగాల్లో మాదిరే జరుగుతుంది.

చలనం లేనిదే ప్రేరణ ఉండదు

ఇదీ మూలాంశం

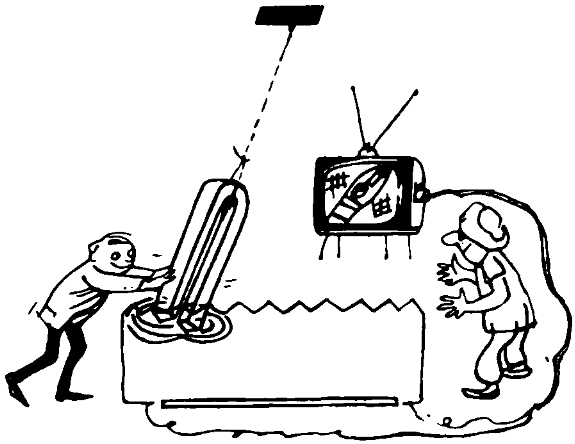
2. 16



అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఒక సంవృత విద్యుత్ వాహకం తిరుగుతూన్నట్లయితే అందులోకి విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. దీన్నే 'ప్రేరిత 'విద్యుత్' ప్రవాహం అంటారు.

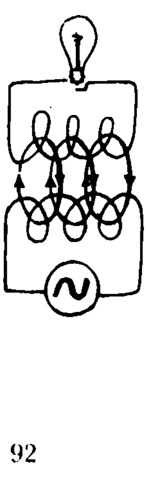
2. 17

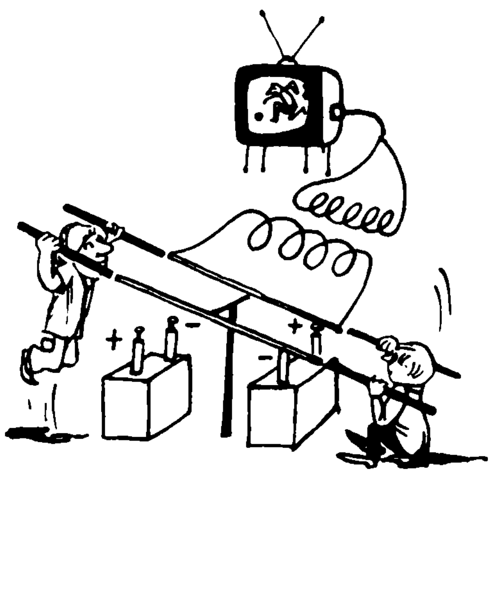
వాహకం స్థిరంగా ఉన్నా ఫర్వాలేదు. దానిలో ప్రేరిత విద్యుత్తు ప్రవహించాలంటే అయస్కాంతాన్ని కదిలిస్తే చాలు. కాబట్టి ప్రధానమైన విషయం వాహకం కదుల్తోందా, లేక అయస్కాంతం కదుల్తోందా అనేది కాదు. ఏ వాహకంలో అయితే ప్రేరిత విద్యుత్తు ప్రవహించేలా చేయాలో దాన్ని అయస్కాంత బల రేఖలు ఖండించడం ముఖ్యం.



2. 18

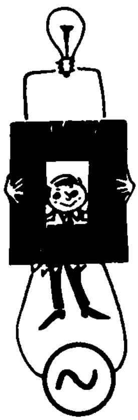
చలనం లేకుండా విద్యుత్తు ఏర్పడదు. కాని చలనంలో ఎన్నో రకాలు ఉన్నాయి. సర్క్యూట్ కదలకుండా స్థిరంగా ఉంటే ఉండవచ్చు. కాని ఇక్కడ ఇంకో రకం చలనం వలన ప్రేరిత విద్యుత్తు పుడుతుంది. మొదటి చుట్టులో ప్రవహించే విద్యుత్తు ప్రవాహంలో మార్పు వలన దాని చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రంలో మార్పు వస్తుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో వచ్చిన మార్పు రెండో చుట్టులో మారే 'రెండవ విద్యుత్తుని' ప్రేరేపిస్తుంది.

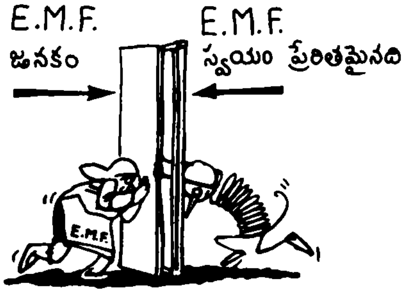




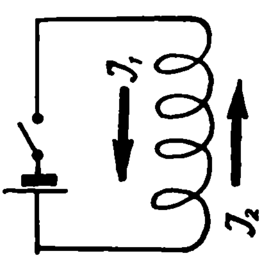
2. 19

ట్రాన్స్‌ఫార్మర్ సరిగ్గా అలాగే పనిచేస్తుంది. మొదటి చుట్టులోని ఎ.సి. కరెంటు మారే అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. దాన్నుంచి రెండో చుట్టలో రెండవ (గౌణ) ఎ.సి. కరెంటు ప్రేరితమవుతుంది. సాధారణంగా ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లో అయస్కాంత పదార్థాలతో (ఉదాహరణకి, ఇనుము) తయారైన కోర్ మీద తీగని చుట్లు చుట్టారు. ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లో ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాలని కోర్ యింకా శక్తివంతం చేస్తుంది.





2. 20



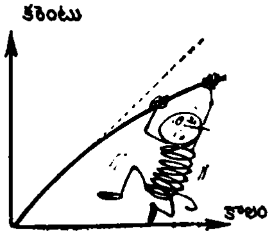
ఒకవేళ రెండో చుట్టు లేని సందర్భంలో కూడా ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. పెరుగుతూన్న విద్యుత్ ప్రవాహం మూలంగా ఏర్పడే ఏకాంతర అయస్కాంత క్షేత్రం పనిచెయ్యడం మొదలెట్టగానే అదే చుట్టులో 'రెండవ విద్యుత్' ప్రవాహాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. దాన్నే 'స్వయం ప్రేరణము' అంటారు.

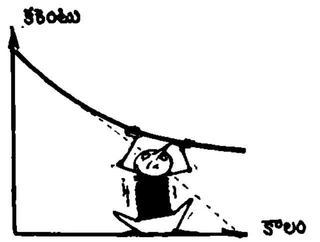
సర్క్యూట్‌లో ప్రవహించే విద్యుత్ కొంచెమైనా మారకుండా స్వయంప్రేరిత విద్యుచ్ఛాలక బలం ఎప్పుడూ నిరోధిస్తూంటుంది. లెంజ్ నిర్ధరించిన నియమం ప్రకారం అది జరుగుతుంది.

2. 21

స్వయం ప్రేరిత విద్యుత్తు పుణ్యమా అని తీగ చుట్ట (కాయిల్)కి ఒక ప్రత్యేకమైన జడత్వ ధర్మం ఏర్పడుతుంది. ఆ తీగ చుట్ట దానిలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్తు మారకుండా ప్రతిఘటిస్తోందా అనిపిస్తుంది. ఒకవేళ విద్యుత్ ప్రవాహం తగ్గితే వెంటనే స్వయం ప్రేరిత విద్యుత్తు దానికి ఊతాన్నివ్వడం ప్రారంభిస్తుంది. ఒకవేళ విద్యుత్ ప్రవాహం పెరిగినట్లయితే స్వయం ప్రేరిత విద్యుత్తు వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహించి దాన్ని తగ్గించడం ప్రారంభిస్తుంది.

వస్తువుకి జడత్వం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే దాన్ని ఆపడం గాని, వేగం పెంచడం గాని అంత కష్టమవుతుంది. తీగ చుట్టకి 'ప్రేరకత' ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే (అంటే ఒక ప్రమాణ పొడువుకి ఉండే తీగ చుట్ల సంఖ్య) జడత్వం (స్వయం ప్రేరకత) అంత పెరుగుతుంది. అలాగే చుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహం అంత నెమ్మదిగా పెరగ





డమో, తగ్గడమో జరుగుతుంది. స్వయం ప్రేరకతని కొలవడానికి ప్రమాణాలు వేరేగా ఉన్నాయి. వాటిని హెన్రీలు (భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు హెన్రీ గౌరవార్థం పెట్టిన పేరు) అని పిలుస్తారు.

ఫారడే అంతర్దృష్టి

అయర్‌స్టెడ్ జరిపిన అద్భుతమైన ప్రయోగం విద్యుత్తుకీ, అయస్కాంతత్వానికీ మధ్య ఉన్న బంధాన్ని రూఢీపరచింది. అంతకు ముందు రెండు వేర్వేరు దృగ్విషయాలుండేవి. ఒక వైపున విద్యుత్తు, రెండో వైపున అయస్కాంతత్వం. అకస్మాత్తుగా రెండింటికీ మధ్య ఒక వంతెన ఏర్పడింది. ఆ వంతెన మీదుగా ఎడమ ఒడ్డు నుంచి కుడి ఒడ్డుకు రావడం సాధ్యపడుతున్నప్పుడు, కుడివైపు నుంచి ఎడమవైపుకు వెళ్లడం

ఎందుకు సాధ్యంకాదు? విద్యుత్ ప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరచేటప్పుడు అయస్కాంత క్షేత్రం విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పుట్టించగలదేమో?

అటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పొందే మార్గాన్ని ఫారడే వెతకవారంభించాడు. తీగకి గాల్వనామీటర్‌ని కలిపి దగ్గరలో అయాస్కాంతాన్ని ఉంచాడు. తీగలో విద్యుత్తు ఏర్పడలేదు. అంటే ఫారడే ఊహ తప్పనేగా? కాదు, ఇక్కడ ఏదో లొసుగు ఉంది! నిజం గానే లొసుగు ఉంది, ఎందుకంటే విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వాలు రెండూ ఒకదాన్నొంచి మరొకదానికి మారితీరాలి. ఫారడే అంతర్ జ్ఞానం అతనా ప్రయోగాన్ని తిరిగి తిరిగి నిర్వహించేలా చేసింది.

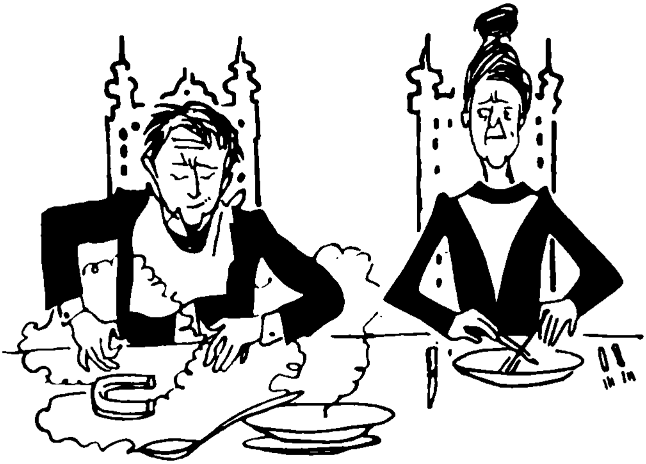
పదేళ్లపాటు ఫారడే తన జేబులో ఒక చిన్న రాగి తీగనీ, అయస్కాంతీకరించబడిన ఒక ఇనుప ముక్కనీ పెట్టుకుని తిరిగాడు. ఎక్కడ ఉన్నాడో, ఎవరితో ఉన్నాడో మర్చి పోతూ సంగతీ సందర్భం చూడకుండా పిచ్చెక్కినవాడిలా ఫారడే తన ఆట వస్తువులని బయటికి తీసి రాగి ముక్కనీ, అయస్కాంతాన్నీ వివిధ భంగిమల్లో ఉంచి చూసేవాడు. చీటికీ మాటికీ గాల్వనామీటర్ సహాయంతో తీగలో విద్యుత్తుని కనుగొనడానికి ప్రయ త్నించేవాడు. కాని ఎప్పటిలాగానే తీగలో ఏ విద్యుత్తూ లేకుండాపోయేది.

అయినా ఆ పదేళ్ల కాలం అంతా ఆ శాస్త్రజ్ఞుడి ఆరో జ్ఞానం (ఆరో, ఏడో, ఇంకా మాట్లాడితే అంతకు మించినదో) తను సరైన పంథాలోనే ఉన్నట్లు నిర్విరా మంగా బోధించేది.

అది నమ్మశక్యంకాని పట్టుదల. ఎందుకంటే ఏవిధంగానూ నిరూపించడానికి వీల్లేని విషయాన్ని పదేళ్ల పాటు నమ్మడమంటే మాటలా!

అకస్మాత్తుగా విజయం అతన్ని వరించింది. ఒకసారి అతను చుట్టూ వర్తులాకారంలో చుట్టబడి వున్న తీగని బేటరీకి కలపగానే ఒక కనురెప్పపాటులో ఒక విషయాన్ని గమ నించాడు. విద్యుత్ బంధితమైన రెండవ చుట్టుకు కలపబడిన గాల్వనామీటర్ ఒక్క క్షణ కాలం విద్యుత్తుని చూపించింది. కనీ కనిపించకుండా గాల్వనామీటర్ ముల్లు గెంతు గెంతింది. అంతే... పదేళ్లపాటుగా అర్థం కాని విషయాన్ని ఫారడే వెంటనే గ్రహించాడు.

అయస్కాంత క్షేత్రం కదలకుండా స్థిరంగా ఉన్నంతకాలం స్వయంప్రేరిత విద్యుత్తు ఏర్పడలేదు. విద్యుత్తు ఏర్పడాలంటే క్షేత్రాన్ని మార్చాలి. ఫారడే బేటరీ ఆన్ చేయ గానే క్షణంలో అయస్కాంత క్షేత్రం ఏర్పడింది. అది పెరుగుతూ వున్న సమయంలో ముల్లు ఒక గెంతు గెంతిందని ఫారడే యాదృచ్ఛికంగా గమనించాడు. యాదృచ్ఛికమా? మొత్తానికి మంచి యాదృచ్ఛికమే! ఆ యాదృచ్ఛికాన్ని వెతకడంలోనే పదేళ్లు గడిచి పోయాయి!



అయితేనేం ఆపైన అంతా నజావుగా సాగిపోయింది. తొలి చుట్టులోని విద్యుత్తు స్థిరంగా వుండి ఆ తీగకి సాపేక్షంగా అయస్కాంతం కదిలే (2. 17 చూడండి) సందర్భంలో కూడా ప్రేరిత విద్యుత్తు ఏర్పడుతుందని ఊహించడం ఏమాత్రం కష్టం అవలేదు. లేకపోతే అయస్కాంతం స్థిరంగా వుండి దాని చుట్టూ వుండే అయస్కాంత బల రేఖలని ఖండిస్తూ తీగ కదిలినా (2. 16 చూడండి) కూడా స్వయంప్రేరిత విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది.

పై సందర్భాలన్నింట్లోనూ తీగ మీద మారుతూ ఉండే అయస్కాంత క్షేత్రం ప్రభావం చూపిస్తుంది. ఆ క్షేత్ర ప్రభావం వలన తీగలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడు తుంది.

''తీగకి సాపేక్షంగా అయస్కాంతం కదిలినప్పుడే విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది అంతేకాని, కదలికలేనప్పుడు దానికి ఉండే స్వంత ధర్మాల మూలంగా కాదు'' అని ఫారడే తన శాస్త్రీయ డైరీలో రాసుకున్నాడు. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణ నియమాల్లో ఉన్న ప్రధానమైన విషయం అయస్కాంత బలాల ద్వారా విద్యుత్ బలాలని ఉత్తేజితం చేయడమే.

ఫారడే రూపొందించిన నియమాలని ఆధారం చేసుకుని శక్తివంతమైన కొత్త విద్యుత్ జెనరేటర్లు రూపొందించబడ్డాయి. అయస్కాంత క్షేత్రాల్లో తీగ చుట్టని తిప్పడం ద్వారా ఆ చుట్లలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. ఆ తర్వాత విద్యుత్ ట్రాన్స్‌ఫార్మర్లు రూపొందించబడ్డాయి (2. 19 చూడండి).

ఫారడే చేసిన అద్భుతమైన ఆవిష్కరణని చూసి ప్రపంచం అంతా సంభ్రమా శ్చర్యాలలో మునిగి పోయింది. ప్రేరణ స్వభావం మాత్రం ఇంకా తుదికంటా అర్థమ వలేదు. ఆ రోజుల్లో పై విషయం గురించి ఫారడే కంటే బాగా తెలిసినవాడు ఎవరూ లేరనే చెప్పాలి. ఒక తీగ చుట్టకి వేరే తీగ చుట్టకి మధ్య తీగలు లేనప్పుడు ఆ తీగ చుట్టలు ఒకదానిమీద మరొకటి ఎలా ప్రభావాన్ని చూపగలుగుతున్నాయి? ఇక్కడ క్షేత్రం పనిచేస్తోందనే విషయం అర్థమవుతోంది. అసలు క్షేత్రం అంటే ఆదెలా ఉం టుంది?

విద్యుత్ ప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుందని ఆయర్‌స్టెడ్ నిరూ పించాడు. అయస్కాంత క్షేత్రం విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుందని ఫారడే నిరూ పించాడు.

ఆ రెండూ, ఒకదాన్నుంచి మరొకటి ఏర్పడటం ఎలా జరుగుతోందో ఇంకా పూర్తిగా అర్థంకాకుండానే మిగిలిపోయింది. ఆ విషయాల స్వభావాన్ని తిరిగి పరిశోధిం చాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. వాటి మధ్య ఏదో ఇంకా లోతైన సంబంధాన్ని వెతకాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది.

ద్వంద్వ తరంగాలు

ముందు వాస్తవాలు పోగవుతాయి, తర్వాత వాటిని సూత్రీకరించాల్సిన అవసరం ఏర్పడుతుంది. విజ్ఞానశాస్త్రంలో ఎప్పుడూ అలాగే జరుగుతూంటుంది.

విద్యుత్తును గురించీ, అయస్కాంతాన్ని గురించీ తెలిసిన విషయాలన్నిటినీ సూత్రీకరించడానికి మాక్స్‌వెల్ ఎప్పుడైతే పూనుకున్నాడో అప్పటికి అవి అవసరానికి మించి ఉన్నాయి. శాస్త్ర సాంకేతిక రంగాలు విద్యుత్తు ద్వారా ఏర్పడిన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఎన్నోచోట్ల ఉపయోగించుకున్నాయి. అలాగే అయస్కాంత క్షేత్ర శక్తిని విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చే పద్ధతులు పదుల సంఖ్యలో వెలిశాయి.

రకరకాల కొలతలకి ఉపయోగపడే పరికరాలన్నీ ఆ రెండు సూత్రాల మీద ఆధా రపడే నిర్మించబడ్డాయి.

అన్ని చోట్లా ఆ రెండు విషయాలే వాడబడుతూ వచ్చాయి. అయస్కాంత క్షేత్రం విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరిచింది. అయస్కాంత క్షేత్రం విద్యుత్ ప్రవాహం మీద ప్రభా వాన్ని కలిగించింది. సరిగ్గా విద్యుత్ డైనమో – యంత్రంలో లాగానే ఒకటి రెండోదిగా మారుతుంది. చుట్ల గుండా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపితే యంత్రం విద్యుత్ మోటా

రులా పనిచేస్తుంది. అదే యంత్రాన్ని వేరే మోటారుతో తిప్పితే అది విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఇవ్వడం ప్రారంభిస్తుంది. ఇక్కడ కూడా రెండింటి మధ్యా ఉండే ఉత్క్రమణీయత (రివెర్సిబిలిటి) అదే స్వభావాన్ని కలిగివుంటుంది. విద్యుత్ ప్రవాహపు అయస్కాంత క్షేత్రం, యంత్రం రోటర్‌ని తిరిగేలా చేస్తుంది. లేకపోతే అయస్కాంత క్షేత్రంలో రోటర్ తిరుగుతూ చుట్టలో విద్యుత్తు ప్రవహించేలా చేస్తుంది.

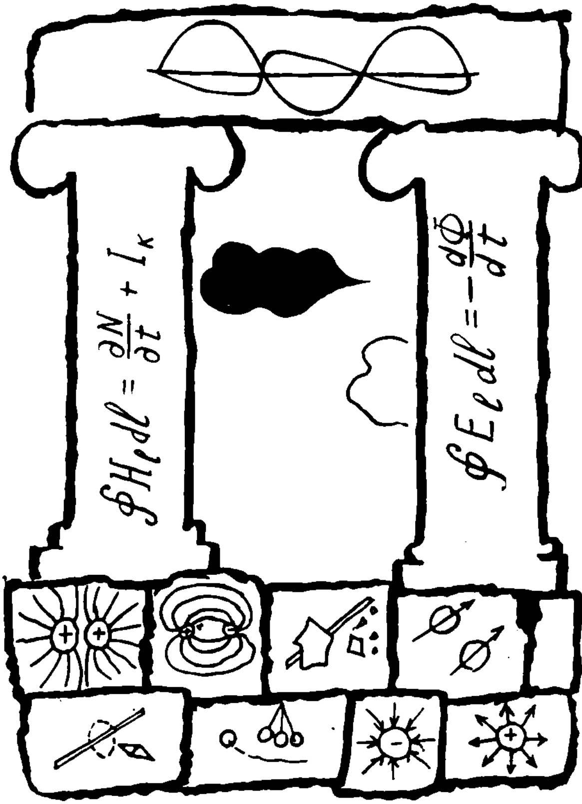
తీగ దగ్గరలో అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని మార్చడం ద్వారా తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహించేలా చేయవచ్చు. విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టూ ఉండే ప్రదేశంలో అయస్కాంత క్షేత్రాలు ఏర్పడతాయి. తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నప్పుడు, దాని చుట్టూ ఉండే ప్రదేశంలో విద్యుత్, అయస్కాంత బలాలు అన్యోన్య ప్రభావాన్ని కలిగివుంటాయి.

అసలు తీగే లేకుండా విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని సృష్టించి అది మారేలా చేస్తే అప్పుడు ఏమవుతుంది?

మొట్టమొదటిసారిగా జేమ్స్ క్లార్క్ మాక్స్‌వెల్ ఈ ప్రశ్నని వేశాడు. దానికి జవాబునీ ఆయనే ఇచ్చాడు. అదేమీ ఆషామాషీ జవాబు కాదు. ఎన్నో గణిత సమీకరణాలతో కూడిన పూర్తి నియమబద్ధమైన వివరణ అది. అదే విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాల సిద్ధాంతం. అప్పటిదాకా విద్యుత్తు, అయస్కాంతాలని కలిపే ఎన్నో విషయాల వలయంలో ఒకే ఒక్క లింకు కొరతగా ఉండేది. ఆ లింకునే మాక్స్‌వెల్ తన సిద్ధాంతంలో ప్రవేశపెట్టాడు.

అంతరాళంలో మారే విద్యుత్ క్షేత్రం ఉన్నట్లయితే అది అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ఆ అంతరాళంలో ఊహాజనిత తీగ ఉన్నట్లూ దాని గుండా ఊహాజనిత విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నట్లు అదంతా జరుగుతుంది. సాధారణ 'సంవహన (కన్వెక్షన్) విద్యుత్' ప్రవాహానికి భిన్నంగా దీనికి మాక్స్‌వెల్ 'స్థానభ్రంశమైన విద్యుత్' ప్రవాహమని పేరు పెట్టాడు. దాన్నే ఆవేశితమైన కణాల కదలిక అని అన్నాడు.

విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ లేకుండా రెండు క్షేత్రాలూ అన్యోన్య ప్రభావాన్ని కలిగివుండడమనేది విజ్ఞానశాస్త్ర చరిత్రలో అప్పటికింకా కొత్తది. కాని అప్పటికి తెలిసిన వాస్తవాలన్నీ పై ఊహలనే బలపరిచాయి. విద్యుత్, అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య వున్న విడదీయరాని బంధం ఆధారంగా జరిపిన వేలాది ప్రయోగాలు, రూపొందించబడిన వందలాది పరికరాలు అన్నీ ఆ ఊహనే రుజువుపరిచాయి. ప్రయోగాల్లోనూ, పరికరాల్లోనూ విడవకుండా తీగా, విద్యుత్తూ రెండూ ఉన్నమాట నిజమే. దానర్థం ప్రస్తుతానికింకా ఉన్న అవకాశాలు మితంగా ఉన్నాయనీ, నేరుగా అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని కనుగొనడం ఇంకా మనం నేర్చుకోలేదనీ, అయస్కాంత క్షేత్ర ధర్మాలన్నింటినీ ఇంకా



అధ్యయనం చేయలేదనీను. అలాగని మాక్స్‌వెల్ నిర్ధరించాడు. ఆ నిర్ధారణ నిజమని చరిత్ర రుజువుచేసింది కూడాను.

ఆ భావమే అతని సమీకరణాల వ్యవస్థలో ప్రతిబింబించింది. ఎంతో కచ్చితమైన సిద్ధాంతం రూపొందింది. విజ్ఞానశాస్త్రం చేసిన ఆవిష్కరణలన్నీ మాక్స్‌వెల్ సమీకరణాల్లో ప్రత్యేకమైన ఘటనలుగా పొందుపరచబడ్డాయి. ఆ సమీకరణాలు విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వాల మధ్యవున్న అన్యోన్య బంధాలనీ, ఉత్క్రమణీయతనీ అద్దంలా ప్రతిబింబించాయి. అందులో మొదటిది, విద్యుత్ క్షేత్రం అయస్కాంత ప్రవాహాల మార్పుల మీద ఏవిధంగా ఆధారపడి ఉంటుందో చెప్తే, రెండోది, అంతరాళంలో పనిచేసే విద్యుత్ బలాల్లోని మార్పు అయస్కాంత క్షేత్రం మీద ఎలా ప్రభావాన్ని కలిగిస్తుందో చూపించింది.

విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ ఉన్న చోట ఏర్పడిన విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం అంతరాళం ద్వారా ప్రసరిస్తుంది. దాని ఘనపరిమాణం పెరుగుతూ పోతుంది. క్షేత్రాన్ని తీగ నుంచి వేరుచేయవచ్చు, కాని విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అయస్కాంత క్షేత్రం నుంచి వేరుచేయడం అసాధ్యం. ఆ రెండూ ఒక 'విద్యుదయస్కాంత తరంగం'లో విడదీయడానికి వీలులేకుండా బంధించబడి ఉంటాయి.

ప్రకృతిలో దూరప్రభావం అనేది లేదు. అంటే ఒక వస్తువుని దూరంలో ఉంచినప్పుడు విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం దానిమీద తన ప్రభావాన్ని తక్షణమే చూపించలేదని దాని అర్థం. తరంగం క్రమక్రమంగా వస్తువుని చేరుతుంది. మాక్స్‌వెల్ సూత్రాలని బట్టి తరంగం వేగం సరిగ్గా కాంతివేగంతో సమానంగా ఉంటుందని తెలుస్తోంది.

క్రమ క్రమంగానట! భలే విషయమే! అటువంటి వేగంతో పయనించే తరంగం ఒక సెకనుకు దాదాపు ఎనిమిది సార్లు భూగోళం చుట్టూ తిరిగి వస్తుంది (శూన్యంలో కాంతి వేగం సెకనుకు సుమారు 300 000 కిలోమీటర్లు ఉంటుంది).

అనూహ్య నిర్ణయం

మాక్స్‌వెల్ చేసిన సేవ అమోఘమైనది. అలాగని మాక్స్‌వెల్ ఆవిష్కరణలకి ఎన్నో సంవత్సరాల ముందే ఫారడే వాటి గురించి చెప్పిన జోస్యం సంగతి మనం మర్చిపోకూడదు. 1832వ సంవత్సరంలోనే ప్రేరణ స్వభావాన్ని తెలుసుకోవడానికి ప్రయత్నిస్తూ ప్రత్యేకమైన కంపనాల ద్వారా ఉత్తేజం దూరాలని చేరుతుందనీ, ఆ కంపనాలు నీటి ఉపరితలం మీద ఏర్పడిన తరంగాలలాగానో లేక వాయు కణాలలో ధ్వని కంపనాలలాగానో ఉంటాయనీ ఫారడే నిర్ధరించాడు.

అయస్కాంత వస్తువుల నుంచి వెలువడే చురుకైన ప్రభావం (దీనికే అయస్కాంతత్వం అని పేరుపెట్టాడు) క్రమక్రమంగా వ్యాపిస్తుంది. అది అలా వ్యాపించడానికి ఒక నిర్దిష్టమైన కాలం అవసరం. అయితే ఆ కాలం అత్యంత స్వల్పంగా ఉంటుంది.

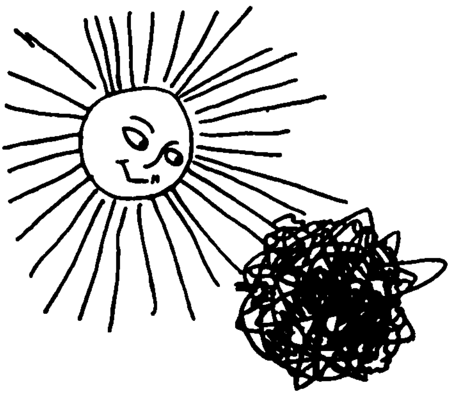
మరి ఇంతా చేస్తే మాక్స్‌వెల్ ఊహించిన అసంఖ్యాకమైన విషయాల్లో ఫారడే తన స్వహస్తాలతో నిరూపించలేకపోయిన విషయం అదొక్కటే నేమో. అందుకనే, బహుశా ఫారడే వాటి గురించి ఎక్కడా బహిరంగంగా మాట్లాడలేదు. సరిగా 100 సంవత్సరాల తర్వాత మాత్రమే తెరవమని కోరుతూ ఒక ఉత్తరం రాసి ఉంచాడు.

1938వ సంవత్సరంలో బ్రిటిష్ రాయల్ సొసైటీ ఆ ఉత్తరాన్ని తెరిచి చదివింది. ఫారడేకి ఎంత అద్భుతమైన ముందు చూపు ఉండేదో తెలుసుకునే అవకాశం ఆవిధంగా మరొక్కసారి అందరికీ కలిగింది. ఎందుకంటే, ఫారడే భావాలన్నీ ఆ కాలానికి సైద్ధాం

తికంగానే కాకుండా ప్రాయోగికంగా హెర్ట్జ్ ప్రయోగాల్లోనూ, విపరీతమైన వేగం తోనే అయినా ఒక పరిమితమైన వేగంతో చలించే (సరిగ్గా ఫారడే చెప్పినట్టే) విద్యు దయస్కాంత తరంగాలని వాడుకోవడం మీద ఆధారపడిన అసంఖ్యాకమైన కమ్యూని కేషన్ సాధనాల్లోనూ కూడా నిరూపించబడ్డాయి.

ఆ వేగం కాంతి వేగంతో సమానమనే మాక్స్‌వెల్ నిరూపించాడు.

అలా అవడం యాదృచ్ఛికంగా సంభవించిన విషయమా?



కాదు, ఎందుకంటే యాదృచ్ఛిక సంఘటనల పట్ల మాక్స్‌వెల్‌కి ఎప్పుడూ నమ్మకం లేదు. విభిన్న విషయాల మధ్య అన్యోన్య సంబంధాలని కనుగొనడానికి మాక్స్‌వెల్ ప్రయ త్నించాడు. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కాంతి వేగంతో ప్రయాణం చేస్తున్నాయంటే దాని అర్థం 'కాంతి కూడా విద్యుదయస్కాంత తరంగాలే అన్నమాట.'

ఆవిధంగా, విద్యుత్తుకి, అయస్కాంతత్వానికి మధ్య ఉన్న సంబంధాలని పరిశో ధిస్తుంటే అసలు ఊహించని ఒక కొత్త పోలిక అనుకోకుండా కనుగొనబడింది. విద్యుత్ బలాలకీ, అయస్కాంత బలంకీ మధ్య ఉన్న సంబంధాన్ని దశాబ్దకొద్దీ శాస్త్రవేత్తలు అధ్యయనం చేశారు. అయితే ఆ బలాల మూలంగానే దృగ్గోచర కాంతి పుడుతుందని ఎవరి ఊహకైనా తట్టిందా?

ఆ ఏకతని ఎంతో ధైర్యశాలి అయిన మాక్స్‌వెల్ మేధస్సు మాత్రమే కనుక్కొంది. ఏకాంతర విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ చుట్టూ ఏర్పడే తరంగాలు, కాంతి తరంగాల స్వభా వాన్నే కలిగివుంటాయి. ఆ రెండు తరంగాలూ వాటి తరంగదైర్ఘ్యాల్లో మాత్రమే తేడాగా ఉంటాయి. అతి హ్రస్వ తరంగాలే దృగ్గోచర కాంతి. వాటి కన్న పొడవైన (దీర్ఘమైన) తరంగాలని కనుక్కోవడం ఆనాటికి యింకా సాధ్యపడలేదు.

మాక్స్‌వెల్ మరణానంతరం 12 ఏళ్ల తర్వాతే హెర్రీ హెర్ట్జ్ ఆ తరంగాలని వికిరణం చేసి గ్రహించగలిగాడు. ఆవిధంగా తన ముందువాడైన మహా మేధావి ఊహ లోని నిజాన్ని నిరూపించాడు.

కొన్ని దశకాలు గడిచేసరికల్లా వేలాది రేడియో కేంద్రాలు భూమికి దగ్గరలోని అంతరాళాన్ని ఈ తరంగాలతో నింపేశాయి. ఆ తరంగాలు అనేక భాషల్లో ప్రపంచం లోని అన్ని మూలల్నుంచి సమాచారాన్ని తీసుకెళ్లాయి.

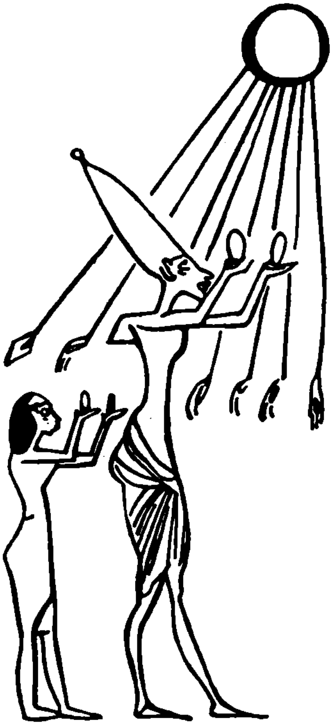
కాంతి చరిత్ర

మాక్స్‌వెల్ ఊహలు కాంతిని, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలతో ఏకం చేయడానికి ముందు కాంతికి సంబంధించిన విజ్ఞానశాస్త్రం కష్టమైన మార్గం గుండా సుదీర్ఘ ప్రయాణాన్ని కొనసాగించింది.

అతి ప్రాచీన కాలంనుంచీ కాంతి మనిషి దృష్టిని ఆకర్షిస్తూ వచ్చింది. దాన్ని కనుక్కోవడానికి ప్రత్యేకమైన పరికరాల అవసరం అంటూ లేకపోయింది. ప్రపంచ మంతా సూర్య కిరణాలలో మునిగి తేలుతూ ఉంటుంది. కాంతి ధర్మమా అనే సూర్య కాంతితో వెలుగుతున్న భూమి గురించి మనిషి తెలుసుకోగలుగుతున్నాడు. అందుకనే కాంతిని గురించిన తొలి శాస్త్రీయ వివాదం మూడున్నర వేల సంవత్సరాల క్రితమే తల ఎత్తింది. క్రీస్తు పూర్వం 14వ శతాబ్దంలో జీవించిన ఫరవూ అమెనోఫిస్-IV ఆ వివాదాన్ని లేవనెత్తాడు.

అమోన్ దేవుడి కళ్లలోనుంచి కాంతి వస్తుందని చెప్పే ఆ కాలంనాటి సిద్ధాం తాలకి భిన్నంగా సూర్యుడి నుంచి కాంతి ప్రసరింపచేయబడుతుందనే నిర్ణయానికి అమెనోఫిస్-IV వచ్చాడు. సూర్యుణ్ణి కూడా దేవుడిగానే భావించేవారు. సూర్యుణ్ణి అతేన్ అని పిలిచేవారు. అమెనోఫిస్-IV తన కొత్త భావాలని శాసనం ద్వారా దృఢపరి చాడు. అమోన్‌కి బదులు అందరూ అతేన్‌కి మొక్కాలని శాసించాడు. ఈ కొత్త మార్పు గౌరవార్థం అమెనోఫిస్ తన పేరుని ఇఖ్నతోన్‌గా మార్చుకున్నాడు. అమెనోఫిస్ అంటే "అమోన్‌కి ప్రీతి పాత్రమైన" అని అర్థం. ఇఖ్నతోన్ అంటే "అతేన్‌కి స్వాగ తం" అని అర్థం. కొత్త భావాలకి ఆ కొత్త పేరు పూర్తిగా అనుగుణంగా ఉంది.

ప్రాచీన గ్రీకుల అభిప్రాయాలు భిన్నంగా ఉండేవి. వాళ్ల ఆలోచనా రీతి వేరుగా ఉండేది. కాంతి మూలంగానే మనిషి వస్తువులని చూడగలుగుతున్నాడు. కాబట్టి, వస్తువులే ఆ కాంతిని విడుదలచేస్తున్నాయనే నిర్ణయానికి వాళ్లు వచ్చారు. "కాంతి కణాలు" మనిషి కంటిని చేరతాయి. ఆ కణాల ధర్మమా అని వస్తువు కంటికగుపడుతుంది.



అయితే, ప్రాచీన తత్వవేత్తల రచనల్లో దీనికి విభిన్నమైన భావాలనీ చూస్తాం. ఉదాహరణకి, ప్లేటో ''సంభాషణలు'' అనే తన ప్రఖ్యాత గ్రంథంలో, అన్ని అవయ వాలకంటే ముందుగా దేవుడు 'కాంతిని తీసుకు వెళ్లే కళ్లని' సృష్టించాడని రాశాడు.

అమెనోఫిస్ – ఖ్నతోన్‌తో పోల్చు కుంటే ఈ భావం కొంత ప్రగతిశీలమైనదే. ప్లేటో అభిప్రాయంలో ఆ ''కాంతిని తీసుకువెళ్లే దృష్టి'' ఒక్క దేవుడికే కాదు, మనిషికి కూడా ఉంటుంది.

అయితే, ఈ అభిప్రాయం ఎంతవరకు నిజమో చెప్పడం కష్టం. అమెనోఫిస్ ప్రకారం కాంతి మనిషికి సంబంధం లేకుండా వెలుపల ఉంటుంది, ప్లేటో ప్రకారం కాంతికి మూలం మనిషే. తన కళ్లు విడుదల చేసే కాంతి పుంజాల సహాయంతో మనిషి వస్తువును ''అనుభూతి'' చెందుతాడు.

ఈ సమస్య మనిషికి అర్థంకావడానికి చాలా కాలమే పట్టింది. క్రీస్తు పూర్వం పదకొండవ శతాబ్దంలో సుప్రసిద్ధ అరేబియన్ శాస్త్రవేత్త అబు-అలీ-అల్ హసన్ ఇబిన్ అల్-హయథమ్ (చరిత్రలో అల్‌హాజెన్ పేరుతో ఆయన ప్రసిద్ధికెక్కాడు) మొట్టమొదటి సారిగా ''వస్తువులు పరావర్తనం చెందించిన కాంతిని'' మనం చూస్తామని పేర్కొన్నాడు.

ఇంతకీ అసలు కాంతి అంటే ఏమిటి?

విఖ్యాత శాస్త్రవేత్త న్యూటన్ కాంతికి సంబంధించిన తన సిద్ధాంతాన్ని మనకి అందించాడు. అందులో ఆయన పురాతన భావాలని తిరిగి పైకి తోడాడు. కాంతి, కణాల రూపంలో ఉంటుందని ఆయన కూడా అనుకున్నాడు. అయితే ఆ కణాలని (కార్పుస్‌లు అని వాటికి న్యూటన్ పేరుపెట్టాడు) విడుదలచేసేది కన్నూ కాదు, వస్తువూ కాదు. కంటికి కనుపడే వస్తువులు కాంతిని పరావర్తనం మాత్రమే చేస్తాయని న్యూటన్ బాగా అర్థంచేసుకున్నాడు.

ఆతర్వాత మాక్స్‌వెల్ కాంతికి సంబంధించిన విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించాడు. ఆ సిద్ధాంతం శాస్త్రవేత్తల మేధస్సుని ఎంతగా ఆకర్షించిందంటే, వాళ్ళు కాంతి కణాల గురించి ఆలోచించడం మానేశారు. అయితే, న్యూటన్ సమకాలీనులూ, అతని సిద్ధాంత వ్యతిరేకులూ అయిన హైజెన్స్, ఫ్రెస్నెల్‌లని ఈరోజున శాస్త్రవేత్తలు తిరిగి గుర్తుకుతెచ్చుకుంటున్నారు. కాంతి తన మార్గంలో ఒక వస్తువుని ఎదుర్కొన్నప్పుడు అది కణాలతో కాకుండా తరంగాలతో ఏర్పడినట్లు ప్రవర్తిస్తుందని వారిద్దరూ రుజువుచేశారు.

కొన్ని దశాబ్దాలు గడచిన తర్వాత విజ్ఞానశాస్త్రం ఒక కొత్త విషయాన్ని ఎదుర్కొంది. దానితో కాంతికి సంబంధించిన భావాలని తిరిగి పరిశీలించాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది.

కాంతి ప్రభావం కింద వున్న లోహం దాన్ని ఏదో కణాల తుపాను ఢీకొన్నట్లుగా, ఎలక్ట్రాన్‌లని విడుదలచేసింది. ఆ విషయానికి మాక్స్‌వెల్ తరంగాలు భాష్యం చెప్ప లేకపోతున్నాయి. దాన్నే 'ఫొటో ప్రభావము' అని అంటున్నారు. ఆ ప్రభావాన్ని అధ్యయనం చేస్తూ ఐన్‌స్టైయిన్, న్యూటన్ చెప్పిన కణాల సిద్ధాంతానికే తిరిగివచ్చి, అప్పటికే ఆవిష్కరించబడివున్న పదార్థపు ప్రాథమిక కణాల జాబితాలో 'ఫోటాన్' అనే కొత్త కణాన్ని చేర్చాడు.

అభివృద్ధి క్రమంలోని నూతన దశలో పాత అభిప్రాయాలనీ, దృక్పథాలనీ తిరిగి పరిశీలించడం అన్నది గతితార్కిక సిద్ధాంతానికి ఒక చక్కటి ఉదాహరణ. న్యూటన్ కణాలనుంచి హైజెన్స్, ఫ్రెస్నెల్ తరంగాలకి, వాటినుంచి విద్యుదయస్కాంత తరంగాల గురించిన మాక్స్‌వెల్ భావాలకి, ఆ తర్వాత కాంతి తరంగ సిద్ధాంతంలోని ''తెల్ల మచ్చలని'' తొలగించిన ఐన్‌స్టైయిన్ ఫోటాన్‌లకి రావడం — ఇవన్నీ కాంతికి సంబంధించిన విజ్ఞానశాస్త్ర భావాల పరిణామంలోని ప్రధాన దశలు.

ఎలాగైతేనేం, చిట్టచివరికి ఆధునిక కాంతి సిద్ధాంతం రూపొందింది. ప్రతి విషయంలోనూ కనబడే వ్యతిరేక ధర్మాల్లో పొందిక ఉండడం అన్నది ఆ గతితార్కిక సిద్ధాంతానికి ఇంకో చక్కటి ఉదాహరణ. కొన్ని విషయాల్లో కాంతి తన తరంగ ధర్మాలని చూపెడితే మరికొన్నింట్లో అతి సూక్ష్మ కణాల ధారలాగా ప్రవర్తిస్తుంది.

మరైతే, ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించిన ఈ పుస్తకంలో కాంతి చరిత్ర గురించి చెప్పుకోవాల్సిన అవసరం ఏమొచ్చింది?

కాంతి జనరేటర్లని రూపొందించి, ఎన్నో సమస్యల పరిష్కారంలో ఎలక్ట్రానిక్స్‌తో పోటీకి దిగుతున్న ఫోటానిక్స్ గత కొన్ని సంవత్సరాల క్రితం ఆవిర్భవించి ఉండకపోతే కాంతి చరిత్ర జోలికి పోవాల్సిన అవసరం ఉండేది కాదు.

రేడియో ఎక్కడనుంచి మొదలవుతుంది?

ఈరోజున రేడియో ఉంది, ఎలక్ట్రానిక్స్ ఉంది — ఈ రెండు ఇంజనీరింగు శాఖలూ ఎంతో గట్టిగా పెనవేసుకుని ఉన్నాయి. రెండింటినీ వేరుచేసే సరిహద్దు ఎక్కడుంది?

ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలయిన వాల్వులు, కేథోడ్-రే గొట్టాలు, అర్ధవాహకాలు మొదలైన వాటిని అభివృద్ధిచేసే పని ఎలక్ట్రానిక్స్‌దే. రేడియో పాత్ర గురించి మనం వేరే వివరంగా చెప్పుకోవాల్సిన పని లేదు. అయినా కూడా...

ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండా రేడియో ఉండగలదా? అర్ధవాహకాలు గాని, వాల్వులు గాని లేకుండా ఆధునిక ప్రసారిణిని గాని, గ్రాహకాన్ని గాని ఊహించనైనా ఊహించ లేము. కాని, ఫోటానిక్ పరికరాల సహాయంతో కూడా వార్తాప్రసారం సాధ్యపడుతుందని తేలింది. ఈ సందర్భంలో అది రేడియో తరంగాల ద్వారా కాకుండా, కాంతి కిరణాల ద్వారా జరుగుతుంది.

అది రేడియో అన్నట్టా? కానట్టా? దానికి జవాబివ్వాలంటే రేడియో అనే మాట అర్థాన్ని బాగా తెలుసుకోవాలి. లాటిన్ భాషలో "రేడియస్" (అంటే "కిరణం" అని అర్థం) అనే పదం నుంచి రేడియో అనే మాట వచ్చింది. వేర్వేరు కిరణాలతో రేడియోని పనిచేయించవచ్చు. దానికితోడు ఈరోజు దాకా రేడియో ఉపయోగించుకునే తరంగాలూ, కాంతి కూడా ఒకే స్వభావాన్ని కలిగివుంటాయి.

ఈ సత్యాన్ని మాక్స్‌వెల్ వంద ఏళ్ల క్రితమే రుజువుచేశాడు. మరి అలాగయితే, కాంతి కిరణాల మీద పనిచేసే కమ్యూనికేషన్ వ్యవస్థలు పనిచేయడం ఈమధ్యన మాత్రమే ఎందుకు మొదలైంది?

అసలు సంగతేమిటంటే, కమ్యూనికేషన్ ఇంజనీరింగు అభివృద్ధిలోని తొలి దశల్లో మరింత దీర్ఘ తరంగాలని ఉపయోగించుకోవడం సులభంగా ఉండేది. మాక్స్‌వెల్ ఆవిష్కరణల తర్వాత, ఆ అదృశ్య తరంగాలని పొందే మార్గాలని విజ్ఞానశాస్త్రం తీవ్రంగా అన్వేషించింది. ఎందుకోసం? మాక్స్‌వెల్ భావాలని సమర్థించడానికి గాని ఖండించడానికి గాని మాత్రం కాదు. ఆ తరంగాలని అధ్యయనం చేసి, వాటిని ప్రత్యక్షంగా ఉపయోగించుకోవడంలో విజ్ఞానశాస్త్రం విజయం సాధిస్తుందని ఎందరో ఊహించారు. అయితే యదార్థంలో ఏ రకం కార్యాలకి ప్రత్యక్షంగా ఉపయోగించవచ్చు? ఆ తరంగాల్లో అప్పటికింకా ఎవరూ గమనించని ఏ అవకాశాలు ఇమిడివున్నాయో ఎవరు ఊహించారు? తరంగాల ధర్మాలు అసలంటూ తెలియకుండా జోస్యాలు చెప్పడం కష్టమయింది.

చరిత్రలో మొట్టమొదటిసారిగా ఆ తరంగాలని పొందడంలో సఫలీకృతుడైన హైన్రిక్ హెర్ట్జ్ కూడా తన ఆవిష్కరణల మూలంగా ప్రత్యక్షమైన లాభం అంటూ ఏమీ ఉండదని అన్నాడు.

అయినప్పటికీ, ఆ తర్వాతి కాలంలో అన్ని వైర్‌లెస్ కమ్యూనికేషన్లకీ (వికిర ణము, సంగ్రహణము) ఆధారం అయిన సూత్రం హెర్ట్జ్ ప్రయోగాల్లోనే ఆవిర్భ వించింది.

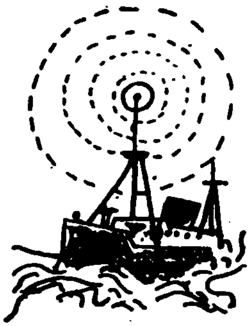
"మనిషికి ఉండని విద్యుదయస్కాంత జ్ఞానేంద్రియాలని భర్తీచేయడానికి ఒక సాధనాన్ని రూపొందించాలి" — ఆ విధంగా ప్రఖ్యాత రష్యన్ శాస్త్రజ్ఞుడు అలెక్సాండెర్ స్తెపానొవిచ్ పొపొవ్ పై సమస్య గురించి పేర్కొన్నాడు.

అటువంటి పరికరాలని రూపొందించడం వాస్తవంలో సాధ్యమేనని అతి త్వరలో ఆయన రుజువుచేశాడు. 1895వ సంవత్సరం ఏప్రిల్ 25వ (ప్రస్తుత కాలెండర్ ప్రకారం, మే 7వ) తేదీన, వైర్‌లెస్ కమ్యూనికేషన్‌లో తన మొట్టమొదటి ప్రయో గాల ఫలితాలను తన చారిత్రాత్మక నివేదికలో సమర్పించాడు. రెండేళ్ల తర్వాత సెయింట్ పీటర్స్‌బర్గ్ విశ్వవిద్యాలయానికి చెందిన రసాయన ప్రయోగశాలనుంచి 259 మీటర్ల దూరంలోనున్న భౌతిక ప్రయోగశాలకి రేడియో సంకేతాలను పంపుతూ వాటిని అందు కోడం ప్రదర్శించాడు. ఆరోజుల్లో ముఖ్యంగా నౌకా దళానికి అటువంటి సమాచార సంబంధాల అవసరం ఎంతగానో ఉండేది. భూమి మీద ఆ ప్రసారాలు తీగల ద్వారా జరిగేవి. ఒడ్డు నుంచి ఓడకి, అందులోనూ అది సముద్రంలోకి వెళ్లిపోతూంటే తీగని పొడుగు చేసుకుంటూ పోలేము కదా!

కొత్త ఆవిష్కరణల ప్రాధాన్యతకి విలువ కట్టడం అందరివల్లా అయేపని కాదు. తన ప్రయోగాలని కొనసాగించడానికి 100 రూబుళ్లు మంజూరు చేయవల్సిందిగా పొపొవ్ నౌకా మంత్రిత్వ శాఖకి పెట్టుకున్న దరఖాస్తుకి మంత్రి ఇలా జవాబిచ్చాడు, "అటువంటి భ్రమలకి నేను డబ్బుని ఇవ్వడానికి ఒప్పుకోను."

అయితేనేం, రెండేళ్లు గడిచిన తర్వాత ఆ 'భ్రమల' సహాయంతోనే పొపొవ్ 40 కిలోమీటర్ల దూరంలో వున్న రెండు నౌకల మధ్య సమాచార సంబంధాలని ఏర్పరచ గలిగాడు. 1900వ సంవత్సరంలో "జెనరల్ – అడ్మిరల్ అప్రాక్సిన్" అనే యుద్ధ నౌక గాగ్‌లాండ్ అనే ద్వీపం దగ్గర లోతు తక్కువగా వున్న నీటిలో ఇరుక్కుపోయినప్పుడు క్రాన్‌ష్టాడ్ట్ నుంచి రేడియో ద్వారా ఆదేశాలని పంపాడు.

రేడియో టెలిగ్రాఫ్ తొలి సంబంధాల రూపకల్పన, జారు చక్రవర్తి కుటుంబంలో ఏదో ఉత్సవంతో యాదృచ్ఛికంగా కలిసింది. తొలి రేడియోగ్రామ్ జారు కుటుంబానికి అద్భుతమైన బహుమతి అవుతుందని ప్రాంతీయ అధికారులు భావించి అభినందనలని



పిద్దంచేశారు. కాని తనకే ప్రమాదం జరుగుతుం దన్న విషయాన్ని కూడా లెక్కచేయకుండా పొపొవ్ వేరే సమాచారాన్ని ప్రసారం చేశాడు. 27 మంది జాలరులు ఉన్న మంచు దిబ్బ తుఫాను దెబ్బకి సముద్రంలోకి కొట్టుకుపోయిందని ఆ ప్రసారంలో తెలియచేయబడింది. సరిగ్గా అటువైపే వస్తున్న నౌక ఆ వార్తని అందుకుని చేపలు పట్టేవాళ్లని ఆదుకొంది. వైర్‌లెస్ సంబంధాలు ఆవిధంగా వాళ్ల ప్రాణాలని రక్షించాయి.

ఆవిధంగా రేడియోకి గుర్తింపు రావడం మొదలయింది, అయితే ఎలక్ట్రానిక్స్ గురించి మాత్రం ఎవరికీ ఇంకా తెలియదు.

ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండానే మళ్లీ రేడియో పని చేసింది. ఎందుకంటే పొపొవ్ సృష్టించిన తొలి రేడియో స్టేషన్‌లో ఎలక్ట్రాన్ వాల్వులు ఉండేవి కావు.

వైర్‌లెస్ ప్రసారాల గురించి

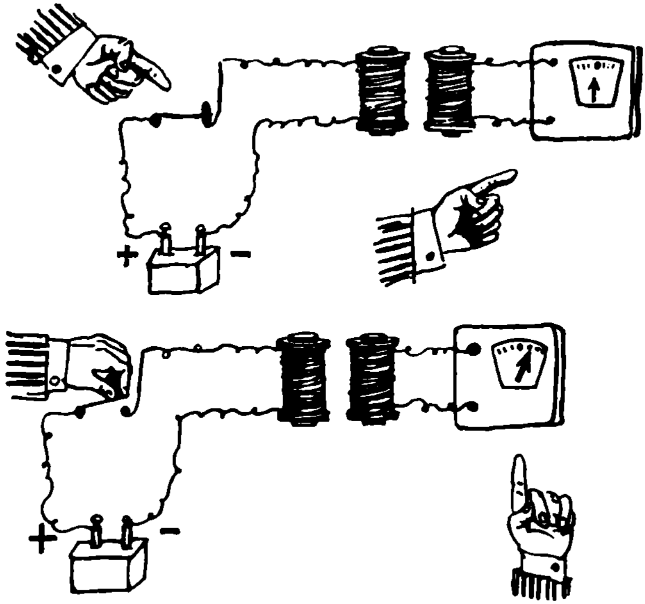
రేడియో ద్వారా జరిగే వార్తా ప్రసారానికి వాల్వుల అవసరం ఏమాత్రం లేదని తేలుతోంది.

ట్రాన్స్‌ఫార్మర్ గురించి అంతో ఇంతో తెలియని వాడుండడు. మొదటి తీగ చుట్టకి, రెండవ తీగ చుట్టకి మధ్య రేడియో వార్తా ప్రసారం ఉంటుందని మాత్రం దాదాపు ఎవరి ఊహకీ తట్టదు. అయితేనేం, అటువంటి ప్రసారం నిజంగానే ఉంటుంది. మొదటి వలయం వికిరణం చేసే తరంగాలని, రెండవ తీగ చుట్ట గ్రహిస్తుంది.

ఉదాహరణకి, దగ్గరగా ఉన్న రెండు తీగ చుట్టలని తీసుకుందాం. ఒక చుట్టని బేటరీ రెండు కొసలకి కలుపుదాం. రెండవదాని వలయంలో ఒక కొలత సాధనాన్ని ఉంచుదాం. మొదటి చుట్టలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నప్పుడు కొలత సాధనంలోని ముల్లు మున్నాని చూపిస్తుంది.

మొదటి చుట్టకి కలపబడిన బేటరీని ఆఫ్ చేద్దాం. వెంటనే రెండో చుట్టకి కలపబడిన సాధనంలో ముల్లు ఒక్కసారి పక్కకి గెంతుతుంది. ఎందుకని? ఎందుకంటే, ఆఫ్‌చేసిన క్షణంలో మొదటి చుట్టలోని క్షేత్రం మారుతుంది. దానికి దగ్గరగా ఉన్న రెండోదాని చుట్టలో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. ప్రతిసారీ పై విషయాన్ని మనం గమనిస్తాం. అయితే తీగ చుట్టలు రెండూ ఒకదానికొకటి దగ్గరగా ఉండాలి.

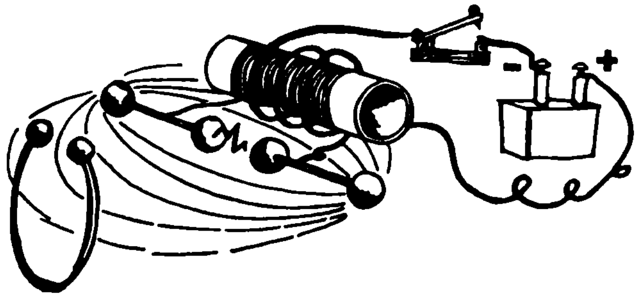
అప్పుడు ఆ రెండింటి మధ్య ఒక ప్రత్యేకమైన "రేడియో సంబంధాలు" ఏర్పడతాయి. ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లో తీగని ఒక సాధారణమైన ఇనప కాండం మీద చుడతారు. అది అయస్కాంత క్షేత్రాల మధ్య "నమ్మకమైన బంధాలకి" అనుకూలమైన మాధ్యమంగా పనిచేస్తుంది. మొదటి చుట్టలో విద్యుత్ ప్రవాహం నిర్విరామంగా మారుతూ ఉన్న పక్షంలో అది మారే క్షేత్రాన్ని ప్రేరేపిస్తుంది. మారే క్షేత్రం, రెండో చుట్టలో మారే అనుబంధ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. (2. 19). ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లో రెండు



చుట్ల మధ్య సంధానము ఇనుప కాండం ద్వారా జరుగుతుంది. పక్క పక్కన ఉంచబడిన రెండు చుట్ల మధ్య సంధానము, వాటి మధ్యనుండే ఖాళీ ప్రదేశం ద్వారా జరుగుతుంది.

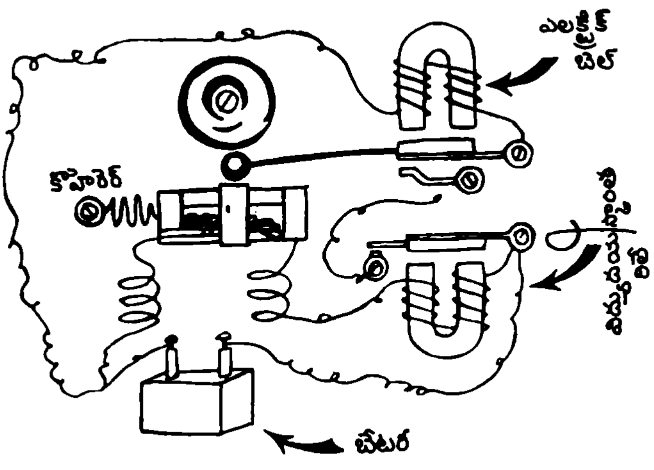
రెండు చుట్లని దూర దూరంగా జరిపినట్లయితే వాటి మధ్య సంధానము ఉండేలా చూడగలమా? అవును, అది సాధ్యమే అని తేలుతోంది. తన ప్రఖ్యాత ప్రయోగాల ద్వారా హెన్రిక్ హెర్ట్జ్ రుజువు చేసింది సరిగ్గా అదే. సంధానాన్ని బలపరచడానికి మామూలు తీగ చుట్లని వాడితే సరిపోదు. వాటికి బదులు ప్రత్యేకమైన ద్విధ్రువాల (డైపోల్స్)ని వాడాలి. వాటి చుట్టూ ఉండే అంతరాళంలో క్షేత్రాన్ని స్ఫులింగాల (స్పార్క్స్) సహాయంతో ఏర్పరుస్తారు. నిర్దిష్ట ఆవేశాన్ని పొందిన రెండు గోళాల మధ్యా స్ఫులింగాల మెరుపులు కనబడతాయి.

లేయ్‌డెన్ జాడీలతో చేసిన ప్రయోగాల్లో జాడీ రెండు లైనింగుల దగ్గర ఏర్పడిన స్ఫులింగం వింతగా ప్రవర్తిస్తుందని ఏవాడో గమనించారు. ఒక్క త్రుటికాలంలో స్ఫులింగం ఎన్నో సార్లు తన దిశని మార్చుకుంటుంది. అలాగే లైనింగుల దగ్గర ఆవేశాల సంజ్ఞలు



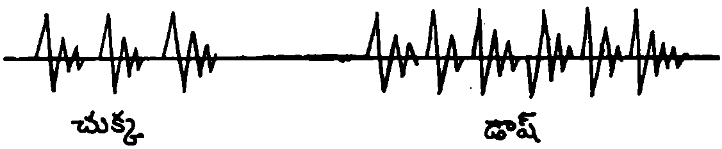
కూడా అన్ని సార్లూ మారతాయి. డోలనాలని స్ఫులింగాలు సృష్టిస్తాయి. తన ప్రయోగాల్లో హెర్ట్జ్ సరిగ్గా దీన్ని ఆధారం చేసుకునే ముందుకు వెళ్లాడు.

ఉత్సర్గ సాధనానికి దగ్గర్లో రెండవ డైపోల్ ఉంచాడు. దాని కొసలకి ఇతర గోళాలను అనుసంధించాడు. స్ఫులింగం ద్వారా ఏర్పడిన క్షేత్రం, లూప్‌లో ప్రేరిత



విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరిచింది. రెండవ డైపోల్ గోళాల మధ్య కూడా బలహీనమైన స్ఫులింగం మెరిసింది. ప్రసారం చేసే డైపోల్, గ్రహించే డైపోల్‌ల మధ్య వుండే సంధానాన్ని శక్తివంతం చేయడానికి హెర్ట్జ్ వాటిని ప్రత్యేకమైన పరావర్తకాల నాభిల దగ్గర ఉంచాడు.

హెర్ట్జ్ ప్రయోగాలని ఆధారంచేసుకుని పొపోవ్ మొట్టమొదటి రేడియో స్టేషన్ని నిర్మించాడు. దాన్ని పనిచేయించడం ఎలాగో వందలాది పత్రికలూ, పేపర్లూ, పుస్తకాలలో వివరించబడింది. హెర్ట్జ్ ప్రయోగాల్లో లాగానే, ఇక్కడా రెండు ఎలక్ట్రోడ్ల మధ్యా (అవి దగ్గరకు వచ్చినప్పుడు) విద్యుత్ స్ఫులింగం వెల్వడింది. దాన్నుంచి చెల్లాచెదురుగా అన్ని వైపులకీ రేడియో తరంగాలు ప్రయాణం చేశాయి. ప్రసారిణి, గ్రాహకాలని సంధానించడానికి పొపోవ్ ఆన్టెనాలని ఉపయోగించాడు. పొపోవ్ ప్రవేశపెట్టిన ఆ పద్ధతి ఈనాటి దాకా వాడుకలో వుంది. గ్రాహక ఆన్టెనా స్వీకరించిన తరంగాల ప్రభావానికి కొహెరెర్ అనబడే సాధనం లోపలవుండే లోహపు కణాలు దగ్గరగా వచ్చాయి. కొహెరెర్ విద్యుద్వాహకత బాగా పెరిగింది. అప్పుడు కొహెరెర్కి ఒక ''చిన్న కుదుపు''ని కలిగిస్తూ, రిలే పనిచేయడం ప్రారంభించింది. ఆ తర్వాత రేడియో తరంగాలు మళ్లీ ఒక్కుమ్మడిగా వచ్చిపడేంతవరకూ కొహెరెర్లో కణాలు విడివడిపోయాయి.



అతి సరళమైన యీ సాధనంలో ఒక చిన్న లోపం ఉంది. సంకేతం ఎంతో చిన్నదవడమే అది. స్ఫులింగం త్రుటికాలం మాత్రమే మెరిసేది. దానిమూలంగా ఉద్భవించిన తరంగాలు ఏర్పడీ ఏర్పడకుండానే నశించిపోయేవి.

అటువంటి సంకేతాల సహాయంతో ఏ సమాచారం పంపగలం? ఒక్క టెలిగ్రాఫ్ కోడ్ 'చుక్క-డాష్-చుక్క' పంపడం మాత్రమే సాధ్యపడుతుంది. మనిషి గొంతును ప్రసారం చేయడం యింకా ఎంతో కష్టమైన పని. నశించిపోని రేడియో తరంగాలని సృష్టించాలి. ఆ రేడియో తరంగాల మీద ధ్వనిని ''సవారీ చేయించడం'' తెలుసుకోవాలి. గ్రాహక ఆన్టెనాతో ఆ తరంగాలని పట్టుకుని వాటిని శక్తివంతం (ఆంప్లిఫై) చేయాలి. ధ్వనిని తిరిగి వినడానికి ఉద్దేశించబడిన స్పీకర్లోని డయాఫ్రమ్ని కదిలించడానికి తగినంత బలాన్ని కలిగివుండేలా ఆ తరంగాలని చేయాలి.

సంకేతాలని అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రసరింప చేయడానికీ, వాటిని ఆంప్లిఫై చేయడానికీ లి దె ఫారెస్ట్ ప్రసిద్ధికెక్కిన తన ట్రయోడ్ని రూపొందించాడు.

సరిగ్గా అప్పుడే ఆవిర్భవించింది ఎలక్ట్రానిక్స్.

అన్నట్లు, ఆ రోజుల్లో కూర్చబడిన నిఘంటువుల్లోనూ, కేటలాగుల్లోనూ ఎలక్ట్రానిక్స్ అనే పదం మన కెక్కడా కన్పించదు. ఆ పదం చాలా కాలం గడిచిన తర్వాత పుట్టింది. వాల్వూ, కేథోడ్-రే గొట్టం — ఈ రెండూ ఎలక్ట్రానిక్స్కి వేసిన తొలి మొలకలే. వాటి నుంచే భవిష్యత్తులో అనుకోని, ఆశ్చర్యకరమైన ఎన్నో ఫలాలనిచ్చే మహావృక్షం పెరిగింది.

ప్రకరణం 3

ఎలక్ట్రాన్‌లు, తరంగాలు, క్షేత్రాలు

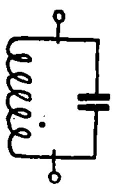
క్షేత్రం సహాయంతో ఎలక్ట్రాన్‌లని ఎలా కంట్రోలు చేయగలిగారు. తరంగాలకీ, ఎలక్ట్రాన్‌లకీ మధ్య సహకారం, దాని మూలంగా ప్రపంచమంతటా రేడియో కమ్యూనికేషన్ ఎలా ఏర్పడింది, ఈ ప్రకరణంలో పాఠకుడు తెలుసుకుంటాడు.

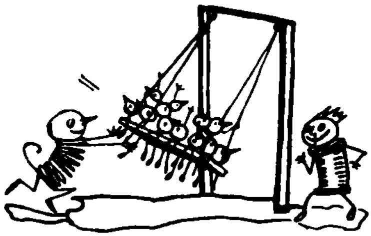
డోలనాలు ఏర్పడేది ఇక్కడే

ఇదీ మూలాంశం

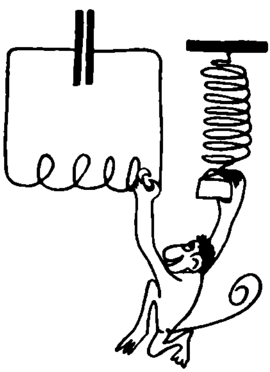
3. 1

సమాంతరంగా కలపబడిన తీగ చుట్ట, కెపాసిటర్‌లు డోలాయమాన వలయాన్ని (ఆసిలేటింగ్ సర్క్యూట్) ఏర్పరుస్తాయి. ఈ సాధనం ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోనూ, రేడియో లోనూ ఎంతో విశిష్టమైన పాత్ర వహిస్తోంది.





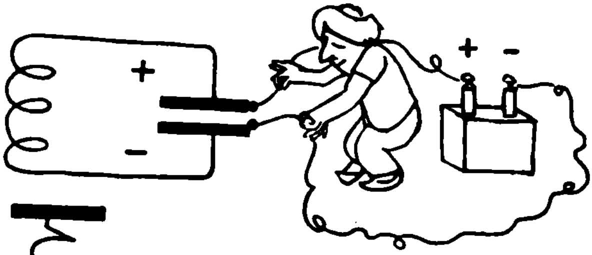
వలయంలో, ఒక లోలకం లేదా ఒక బిగువైన తంత్రి కలిగించే డోలనాలలాంటివి ఏర్పడతాయి. కాని లోలకం, తంత్రులు వూగుతున్నప్పుడు, డోలాయమాన వలయంలోని అంశాలు స్థిరంగా ఉంటాయి. ఇక్కడ డోలనాలని పుట్టించేవి ఎలక్ట్రానులు. డోలనం చేసేది విద్యుత్ ప్రవాహం.

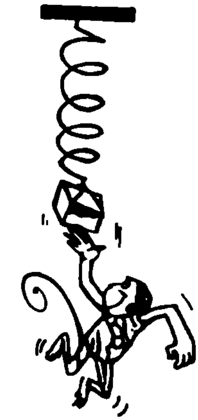


3. 2

బయటికి కనిపించే పోలికలు ఒకోసారి బోల్తాకొట్టిస్తూంటాయి. అటువంటి సాధనంలో బయటికి తీగ చుట్ట (కాయిల్) లా కనిపించే స్ప్రింగు నిజానికి కెపాసిటర్ పాత్రని వహిస్తుంది. బరువు వేలాడదీయబడిన స్ప్రింగు బయటకి ఏమాత్రం కాయిల్‌ని పోలివుండకపోయినా, నిజానికి రెండింటికీ మధ్య ఎన్నో పోలికలు ఉన్నాయి. బరువుకి జడత్వం ఉంటుంది. కాయిల్‌కి కూడా జడత్వం ఉంటుంది. దేని వలన ఈ జడత్వం వస్తుందో ఎవరైనా మర్చిపోతే 2. 20, 2. 21 చిత్రాలకేసి ఇంకోసారి చూస్తే సరిపోతుంది.

3. 3





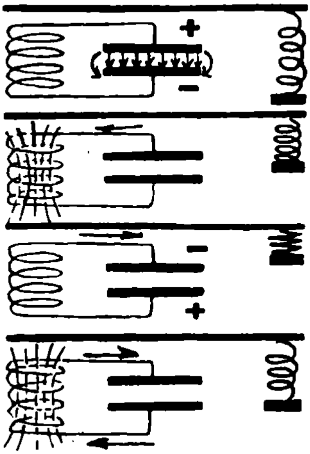
స్వల్ప కాలంపాటు కెపాసిటర్ ప్లేట్లకి వోల్టేజి జనకాన్ని కలిపితే, మొత్తం శక్తి అంతా ముందు కెపాసిటర్‌లో కేంద్రీకృత మవుతుంది. మొదట సాగదీసిన స్ప్రింగుకి బరువుని వేలాడదీసి వదిలేసినట్లయితే ఆ స్ప్రింగు సరిగ్గా అదే స్థితిలో ఉంటుంది.

3. 4



ఆ తర్వాత స్ప్రింగు సంకోచించడం ప్రారంభిస్తుంది. బరువు తన యథాస్థానాన్ని చేరుకొంటుంది. అయితే చలనం అంతటితో ఆగిపోదు. బరువుకి ఉండే జడత్వం మూలంగా అది పైకి కదుల్తూనే ఉంటుంది. అది స్ప్రింగుని నొక్కి శక్తినంతా తిరిగి దానికి ఇచ్చేస్తుంది.

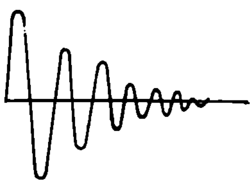
డోలాయమాన వలయంలో జరిగేది కూడా సరిగ్గా ఇదే. కెపాసిటర్ శక్తినంతా ఇచ్చేస్తుంది. అయితే వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోదు, ''జడత్వం వలన'' అది ప్రవహిస్తూనే ఉంటుంది. దాని దిశలో ఇంక ఏ మార్పూ ఉండదు (బరువు ఇంకా పైకి కదులుతోంది). కెపాసిటర్ పై ప్లేటు దగ్గర ఎలక్ట్రాన్ల గుంపు ఇంకా ఇంకా దట్టమవుతూ వస్తుంది. ముందు అవి ప్లేటుకి ఉండే ధనాత్మక పొటెన్షల్‌ని సున్నా దాకా తగ్గిస్తాయి. కాని ''జడత్వం వలన'' విద్యుత్తు ప్రవహిస్తూనే ఉంటుంది.



అప్పుడు పొటెన్షల్ సున్నానుంచి రుణాత్మకమవుతుంది. అదే సమయంలో రెండో ప్లేటు దగ్గర ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఏర్పడుతుంది. ఇంతకు ముందు స్ప్రింగు సాగదీయబడి వుంటే ప్రస్తుతం అది నొక్కబడి వుంటుంది. కెపాసిటర్ ప్లేట్ల ఆవేశాలు మారతాయి. అలాగే తమ సంజ్ఞలని మార్చుకుంటాయి. స్ప్రింగు పూర్తిగా నొక్కబడిన తర్వాత బరువు చలించే దిశలో మార్పు వచ్చే క్షణం వస్తుంది. ఇది వరకు బరువు పైకి కదిలితే, ఇప్పుడు అది కిందకి కదలడం మొదలెడుతుంది.

కెపాసిటర్ పూర్తిగా తన సంజ్ఞ మార్చుకున్న తర్వాత విద్యుత్ ప్రవాహం తన దిశని మార్చుకుంటుంది.*

3 5



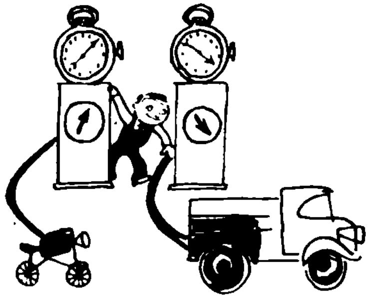
మళ్లీ బరువు తన యథా స్థానానికి వచ్చిన తర్వాత జడత్వం కొద్దీ స్ప్రింగుని సాగదీస్తుంది. మళ్లీ కెపాసిటర్ ప్లేట్లమీద ప్లస్, మైనస్ గుర్తులు మారతాయి.

వ్యవస్థ తన తొలి స్థానానికి చేరుకుంటుంది (3. 3). వలయం యొక్క సహజ డోలనాల చక్రం (ఆవర్తనం) పూర్తవుతుంది.

సహజ డోలనాలని ఎందుకంటున్నాం? ప్రక్రియని మొదలెట్టడానికి మాత్రమే బాహ్య జనకాన్ని ఉపయోగించాల్సి వచ్చిందని పాఠకుడు బహుశా యీపాటికి గ్రహించే వుంటాడు. తర్వాత బాహ్య జనకం విడదీయబడింది. కాని వలయం దానంతట అదే పని కొనసాగిస్తుంది. స్వంత డోలనాలని ఏర్పరుస్తుంది. ఆ డోలనాలకి స్వతస్సిద్ధమైన పౌనఃపున్యం ఉంటుంది. ఈ చక్రం ఎన్నో సార్లు పునరావృతం అవుతుంది. 3. 4

* బొమ్మలన్నీ విద్యుత్ ప్రవాహ సాంకేతిక దిశని చూపెడుతున్నాయి.

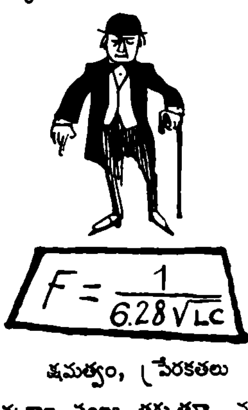
చిత్రంలో చూపబడిన స్థితుల గుండా వ్యవస్థ ఒక వరుసలో ఎన్నో సార్లు తిరుగుతుంది. కాని డోలనం యొక్క ఊపు ప్రతీ సారీ తగ్గుతూ వచ్చి చివరికి పూర్తిగా నూాయమై పోతుంది.



3. 6

వలయంలో డోలనాల చక్రం ప్రతీదీ ఎంత కాలం పాటు ఉంటుంది?

సహజంగానే ఆ కాలం ''స్ప్రింగు,'' ''బరువు''ల ధర్మాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. నిజంగానే ప్రతీ చక్రానికీ పట్టే కాలం, కెపాసిటర్ క్షమత్వం మీదా, కాయిల్ యొక్క ప్రేరకత మీదా ఆధారపడి ఉంటుంది. క్షమత్వం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే, కెపాసిటర్ ఆవేశం చెందడానికీ, ఉత్సర్గం చేయడానికీ తీసుకునే కాలం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. అలాగే కాయిల్ ప్రేరకత ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే, వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం పెరగడం, క్షీణించడం అంత నెమ్మదిగా జరుగుతుంది (2. 21).



3. 7

వలయం యొక్క సహజమైన డోలనాల పూర్తి చక్రాల (ఆవర్తనాల) సంఖ్య సెకను కాలంలో ఎంత ఉంటుందో అనేది దాని సహజ పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయిస్తుంది.

క్షమత్వం, ప్రేరకతలు పెరిగేకొద్దీ ఆవర్తనం పొడుగవుతూ వస్తుంది. సెకనులో చక్రాల సంఖ్య తగ్గుతూ వస్తుంది. సహజ పౌనఃపున్యం పడిపోతుంది.

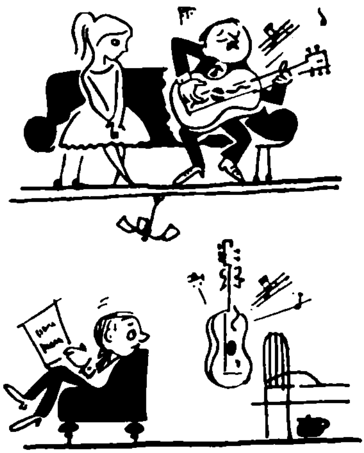
ఈ సంబంధాన్నే థామ్సన్ ఫార్ములాతో చూపిస్తారు:

$$F=\frac{1}{6.28\sqrt{LC}}$$

పై ఫార్ములాలో F – పౌనఃపున్యము (సెకనుకు డోలనాల సంఖ్య); L – ప్రేరకత (హెన్రీలలో); C – క్షమత్వం (ఫారడేలలో).

3. 8

అనునాదము (రెజొనెన్స్) గురించి అందరికీ తెలుసు. ఉదాహరణకి, అనునాదం మూలంగానే ఒక బిగువైన తంత్రి, మరో తంత్రి చేసిన ధ్వనికి ప్రతిస్పందిస్తుంది. ప్రత్యేకించి బాహ్య ధ్వని పౌనఃపున్యం తీగ సహజ పౌనఃపున్యం ఒకటేలా ఉన్నప్పుడు అది పెద్ద ధ్వనిని విడుదల చేస్తుంది. రేడియో వలయం సరిగ్గా అలాగే ప్రవర్తిస్తుంది.

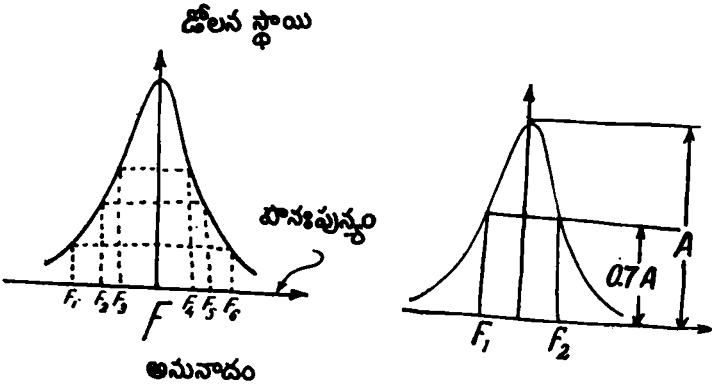


వలయానికి ఆపాదించబడిన డోలనాల (సంకేతము) పౌనఃపున్యం, దాని సహజ పౌనః పున్యం (అనునాదము) ఒకటే అయినప్పుడు వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలు ప్రత్యేకించి బలంగా ఉంటాయి.

సంకేతం యొక్క పౌనఃపున్యం, అనునాద పౌనఃపున్యానికి భిన్నంగా ఏ వైపున్నా సరే, వలయంలోని డోలనాలు తగ్గిపోవడం మొదలవుతుంది. ఈ ధర్మాన్నే గంట ఆకారంలో వున్న వక్రం బాగా వివరిస్తుంది. అటువంటి వక్రాన్నే, డోలన వలయపు 'అనునాద అభిలక్షణము' అంటారు.

3. 9

అనునాద పౌనఃపున్యాలకి, సంకేతాల పౌనఃపున్యాలు చాలా తేడాగా వుంటే ఆ సంకేతాలకి వలయం స్పందించదు. F_3, F_4ల మధ్య వున్న పౌనఃపున్యాలలోని (ఆ పౌనఃపు





వ్యాల దగ్గర అమవాదంలో డోలనాలస్థాయినుంచి వలయపు డోలనాల స్థాయి 0. 7 ఉంటుంది) సంకేతాలని, వలయం స్వేచ్ఛగా పోనిస్తుందని భావిస్తారు.

పాటపాడే చాప డోలకము

రేడియో చరిత్రలో ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండానే రేడియో పని జరుపుకున్న కాలం ఒకటుంది. కాని అదీ ఒక రేడియోయేనా!

...మొదటి ప్రపంచ యుద్ధపు రోజులవి. నిరంతరాయంగా ఉత్సర్గాల ప్రేలుళ్లు వినిపిస్తూనే ఉన్నాయి. 100 కిలోవాట్ల సామర్థ్యం గల సంకేతాలని మాస్కో రేడియో కేంద్రం బయటికి ప్రసారం చేస్తోంది. 100 కిలోవాట్‌ల సామర్థ్యం అంటే, అది తక్కువేమీ కాదు. మామూలు ఎలక్ట్రిక్ హీటరు సుమారు 0.5 కిలోవాట్‌లు మాత్రమే వాడుకుంటుంది. సామర్థ్యం అంత ఎక్కువగా ఉన్నా కేంద్రం, ఉత్సర్గ స్ఫులింగాల రూపంలో మార్చ బడిన మోర్స్ కోడ్ మినహా ఇంకేమీ ప్రసారం చేయలేకపోయింది. అటువంటి కేంద్రాలే ఆ కాలంలో యూరపులోని ఇతర నగరాల్లో పనిచేస్తూండేవి. నౌకా దళానికి చెందిన నౌకలు కూడా రేడియో టెలిగ్రాఫ్ వార్తా ప్రసారాన్ని ఉపయోగించేవి. రేడియో ద్వారా ప్రసారం చేయబడిన సంకేతాలని శత్రువులు తేలిగ్గా అడ్డ

గించి పట్టుకునేవారు. వాటి సహాయంతో ఇంగ్లీషు, ఫ్రెంచి వాళ్ల నౌకా విన్యాసాల మీద జర్మన్లు ఒక కన్నేసి ఉంచేవారు. జర్మన్ల యుద్ధ నౌకల దిశలో వెళ్లి, మిత్రపక్షాలు జర్మన్లు ప్రసారం చేస్తున్న ఆదేశాల సంకేతాలని అర్థంచేసుకోవడానికి ప్రయత్నించేవారు.

ఇంతలో అసామాన్యమైన సంఘటన ఒకటి జరిగింది. జర్మన్ కేంద్రాలన్నీ ఒక్కసారిగా మౌనం వహించాయి. దాంతో, రష్యన్, ఇంగ్లీషు, ఫ్రెంచివారి యుద్ధ కేంద్రాలయాల్లో భయాందోళనలు వ్యాపించాయి. "జర్మన్లు ఏదో చెయ్యబోతున్నారు, వాళ్ళ ఏదో ఒక గొప్ప రహస్యాన్ని దాస్తున్నారు" అని మిత్రపక్షాలు ఆందోళన చెందాయి. ఆ రహస్యాన్ని ప్రముఖ రష్యన్ శాస్త్రవేత్త మిఖాయిల్ వసీల్యెవిచ్ షులెయ్‌కిన్ భేదించాడు. జర్మన్లు తరంగాలని అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రసారం చేయడం మొదలెట్టారని తేలింది. కాని మిత్రపక్షాల గ్రాహక అన్వైవాలు స్ఫులింగ టెలిగ్రాఫ్ సంకేతాలని గ్రహించడానికి రూపొందించబడ్డాయి. అంటే ప్రసారిణి దగ్గర ఒక స్ఫులింగం మెరిస్తే, గ్రాహకం దగ్గర క్లిక్కుమనే శబ్దం ఒకటి అందుతుందన్నమాట. కాని అక్కడేమో తరంగం అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రయాణం చేస్తూ తనతో మోర్స్ కోడ్ జాడల్ని తీసుకువెళ్లింది. పాత రకం గ్రాహకాలేమో వీటిని కనుక్కోలేకపోయాయి.

జర్మన్ల కొత్త రేడియో కేంద్రాలు పంపే తరంగాలని పాత గ్రాహకాలతోనే పట్టుకుని ఆ సంకేతాల అర్థాన్ని కనుగొనే పద్ధతిని షులెయ్‌కిన్ రూపొందించాడు. సంకేతాన్ని గ్రాహకం ఇన్‌పుట్ దగ్గరే అడ్డగించాలని, అంటే, ఆ సంకేతం మామూలు తరంగాల స్ఫులింగంలా ఉండేలా చూడాలని అతను ప్రతిపాదించాడు. అప్పుడు, సంకేతం రాగానే గ్రాహకాల్లో ఎప్పటిలాగానే క్లిక్కుమనే శబ్దం వినబడుతుంది.

"పాటపాడే చాప డోలకము" సహాయంతో జర్మన్లు తొలి అవిచ్ఛిన్న తరంగాలని పొందారని తర్వాతి సంవత్సరాల్లో తేలింది. ఆ డోలకాన్ని ఐర్లండు దేశస్థుడు డడ్డెల్ రూపొందించాడు. అతను డోలాయమాన వలయాన్ని (3. 1) తీసుకుని దానికి అవిచ్ఛిన్నంగా స్ఫులింగాల ధారని అందించాడు.

స్ఫులింగాలని పొందడానికి డడ్డెల్, వోల్టా చాపాలని ఉపయోగించాడు. డోలన వలయం శ్రావ్యతా పౌనఃపున్యాలకి శృతిచేయబడింది. పనిచేసేటప్పుడు డోలకం శ్రావ్యమైన ధ్వనిని విడుదల చేసేది. అందుకనే దానికి "పాడే చాప డోలకము" అని పేరుపెట్టారు.

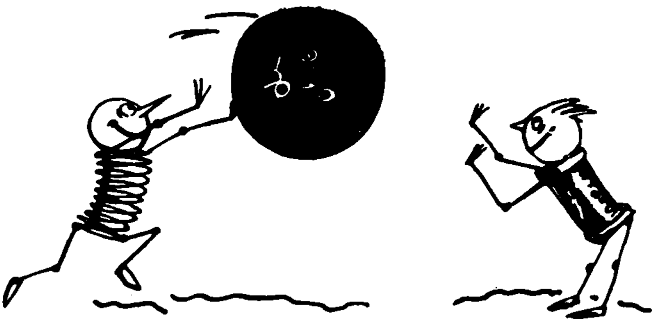
డోలనాలు ఎలా ఏర్పడతాయి, ఎలా క్షీణిస్తాయి?

డోలాయమాన వలయ నిర్మాణం కష్టమైనదేమీ కాదు. తీగతో చేసిన కాయిల్, కెపాసిటర్‌లు సమాంతరంగా కలపబడి వుంటాయి (3. 1). ఈ రెండు అంశాల గురించీ విజ్ఞానశాస్త్రానికి ఏనాడో తెలుసు. కెపాసిటర్ లేయ్‌డెన్ జాడీని పోలివుంటుంది.

కాయిల్‌కీ, ఆంపియర్ సొలెనాయిడ్‌కీ (2. 15) మధ్య తేడా ఏమీ లేదు. అయితే అమెరికన్ శాస్త్రజ్ఞుడు థామ్సన్ ఈ రెండింటినీ కలిపి ఎప్పుడైతే పనిచేయించాడో, అప్పుడు జరిగిన ప్రక్రియలు ఈనాటికీ తమ ప్రాముఖ్యతని కోల్పోలేదు.

డోలాయమాన వలయం డోలనాలని ఏర్పరుస్తుంది. దీన్ని అనుకరించే సాధనాలు ఇంజనీరింగులో పూర్తిగా భిన్నమైన శాఖల్లో ఎన్నో ఉన్నాయి.

లోలకాన్ని గాని, తంత్రిని గాని, ఉయ్యాలని గాని దేన్నయినా గుర్తుకుతెచ్చుకోవచ్చు. మొదట్లో ప్రచోదనాన్ని కలిగించినట్లయితే ఆతర్వాత ఇవన్నీ కూడా ఒక నిర్దిష్ట సహజ పౌనఃపున్యాలతో డోలనాలు చేయడం కొనసాగిస్తాయి (3. 5).



ఉయ్యాల, తంత్రి లోలకాలలో ఏకంగా అవే డోలనాలు చేస్తాయి. డోలాయమాన వలయంలోని అంశాలు స్థిరంగా ఉంటాయి. దానిలో కదిలే "భాగాలు" కంటికగుపడవు. వలయంలో డోలనాలు చేసేవి ఎలక్ట్రాన్‌లు. ఆ కదిలే ఎలక్ట్రాన్‌లు 'ఏకాంతర,' 'డోలన' విద్యుత్ ప్రవాహాలని ఏర్పస్తాయి (3. 1).

టెన్నిస్ ఆటగాళ్లు బంతిని అటూ యిటూ కొట్టినట్లు కాయిల్, కెపాసిటర్లు ఒకదానికొకటి శక్తిని ఇచ్చిపుచ్చుకుంటాయి. కానైతే "శాశ్వత చలన యంత్రాన్ని" తయారుచేయడం అసాధ్యమని ఏనాడో రూఢిచేశారు. వ్యవస్థ చలనంలోకి వచ్చేలా చేస్తే, ఘర్షణ మూలంగా శక్తిలో కొంత భాగం తప్పనిసరిగా ఉష్ణంగా మారుతుంది. బాహ్య శక్తి జనకం నుంచి శక్తిని సరఫరా చేయని పక్షంలో చలనం ఆగిపోతుంది. ఎందుకంటే శక్తి అంతా పూర్తిగా ఉష్ణంగా మారిపోతుంది. ఆ ఉష్ణం అంతరాళంలోకి చెదిరిపోతుంది. అంటే ఎటువంటి "శాశ్వత చలన యంత్రం" అయినా సరే ఏదో ఒక రోజున "శాశ్వత విశ్రాంతి" తీసుకోవాల్సిందే.

సరిగ్గా ఆ కారణం వల్లనే లోలకం, ఉయ్యాలలు ఊగకుండా నిలిచిపోతాయి. కదిలే భాగాలకీ, వాయు నిరోధానికీ మధ్య ఉండే ఘర్షణ మూలంగానే ఉయ్యాల,

లోలకము, బరువు వేలాడదీసిన స్ప్రింగు కదలకుండా ఆగిపోతాయి. డోలాయమాన వలయంలో కదిలేవి ఎలక్ట్రాన్‌లు. అవి కూడా ఘర్షణకి గురి అయే అవకాశం ఉందా?

అవును, అక్కడ కూడా ఒక ప్రత్యేకమైన ఘర్షణ ఉంటుంది. కాయిల్‌కి నిరోధం ఉంటుంది. దాన్ని అధిగమించడంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు శక్తిని కోల్పోతాయి. లోలకం, ఉయ్యాలలో లాగానే ఇక్కడా శక్తి అంతా ఉష్ణంగా మారిపోతుంది. డోలనాలు బలహీనపడి చివరికి పూర్తిగా ఆగిపోతాయి.

ఒకసారి ఏర్పడిన తర్వాత చాలాకాలం పాటు ఉండే విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాల అవసరం రేడియోకి ఎంతో ఉంది. వీటిని అవిచ్ఛిన్న తరంగాలుగా తేలిగ్గా మార్చవచ్చు. అటువంటి తరంగాల సహాయంతో మాటలూ, సంగీతం, బొమ్మలూ టెలిగ్రాఫ్ సంకేతాలూ అలా ఏది కావాలంటే దాన్ని ప్రసారం చేయవచ్చు.

అయితే అవిచ్ఛిన్న డోలనాలని పొందడం ఎలా?

దానికోసం అవిచ్ఛిన్నంగా డోలన వలయానికి ''ఊపునిస్తూ'' ఉండాలి. అంతేకాకుండా, ఊపునిచ్చే, ప్రచోదనాల పౌనఃపున్యం డోలన వలయపు సహజ పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా ఉన్నట్లయితే ఆ ''ఊపునివ్వడం'' తేలికవుతుంది. ఆ సందర్భంలో అనునాదం కూడా ఏర్పడుతుంది.

కాని, ఇంతకీ ఎవరు ఆ ఊపునిస్తారు?

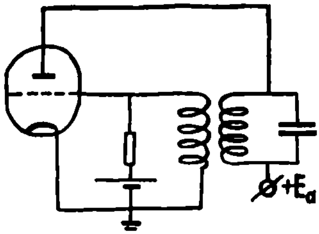
దానికోసం మళ్ళీ ఇంకో డోలన వలయం అవసరం. ఊపునిచ్చే ప్రచోదనాలు అవిచ్ఛిన్నంగా రావాలంటే వలయంలో డోలనాలు ఆగిపోకూడదు. అంటే, దాని సహజ పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా ఉండే ప్రచోదనాలతో దానికి కూడా ఊపునివ్వాలన్నమాట.

మరి రెండో దానికి ఊపునిచ్చేదెవరు? మళ్ళీ ఇంకో వలయమా? అలాగయితే ఈ గొలుసుకి చివరంటూ లేకుండా పోతుంది. ఈ గొలుసును చక్రంలా చేయడం సాధ్యం కాదా?

నదులు ఎందుకు ప్రవహిస్తాయి?

నదులంటే ఇష్టంలేనివారు బహుశా ఉండరేమో! నదులంటే మనిషి ఇష్టపడడానికి ఎన్నో కారణాలున్నాయి. వాటిలో చేపలు పట్టవచ్చు, ఎండలు మండిపోతున్నప్పుడు నదిలో నీరు తాగి దప్పిక తీర్చుకోవచ్చు, అవి చల్లదనాన్నిస్తాయి, శీతాకాలంలో మంచులా గడ్డకట్టిన నదులను స్కీయింగు, స్కేటింగు మొదలైన క్రీడలకి ఉపయోగించుకోవచ్చు.

నది అంటే అందరూ ఇష్టపడడానికి ఇంకో కారణం కూడా ఉంది. నది ఆగకుండా నిరంతరం ప్రవహిస్తూ ఉండడమే అది. మరువడానికి వీలులేని గంభీరమైన, శాశ్వ



తమైన, ఏదో ఒక శక్తి అనంతమైన ఆ నదీ ప్రవాహంలో ప్రతిబింబిస్తూ మనల్ని ఆశ్చర్యచకితుల్ని చేస్తుంది. రోజులూ, సంవత్సరాలూ, శతాబ్దాలూ దొర్లిపోతూంటాయి. కాని నదిలో నీరు మాత్రం ప్రవహిస్తూనే ఉంటుంది. ఎక్కడిమంచి, ఎక్కడికి ఆ ప్రయాణం?

అవును, నిజంగానే ఎక్కడి మంచి ఎక్కడికి? ఇంక కవిత్వం వదిలేసి నిజంగానే ఆ ప్రశ్నకి వద్దాం.

నదులు ఎక్కడో పుట్టి వెళ్లి సముద్రంలో కలుస్తాయని అందరికీ తెలుసు. యుగ యుగాలుగా నది తన నీటినంతా సముద్రానికి ఇచ్చేస్తున్నా అది ఎండిపోవడం లేదంటే దానికసలు నీరు ఎక్కడి నుంచి వస్తున్నట్టు?

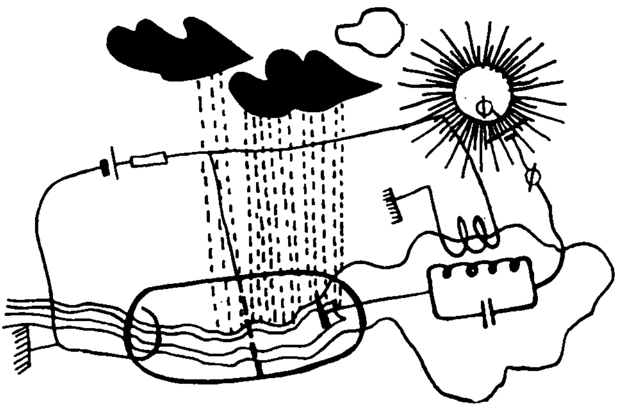
ఆ నీరు ఆకాశం నుంచి వాన, మంచుల రూపంలో వస్తుంది. సరస్సుల నుంచీ, సముద్రాలూ, మహా సముద్రాల నుంచీ, నీరు ఆకాశాన్ని చేరుతుంది. సరస్సులూ, సముద్రాలూ, మహాసముద్రాల నుంచి ఆవిరై పోయిన ఆ నీరు తిరిగి నదుల ద్వారా భర్తీ అవుతుంది. వలయంలో డోలనాల గురించి చెప్పడం ఆపేసి ప్రకృతిలో నీటి చక్రీయ భ్రమణాలని ఎందుకు గుర్తు చేసుకున్నామో పాఠకుడికి అర్థమయే ఉంటుంది. ఆగిపోని డోలనాలని సాధించడానికి మనకక్కడ ఏదైతే లేదో, అది నదీ ప్రవాహంలో ఉంది. అదే సంవృత వలయం. సముద్రం నుంచి మేఘాల్లోకి, మేఘాల్నుంచి నదిలోకి, నది నుంచి తిరిగి సముద్రంలోకి, నీరు ప్రయాణం చేస్తుంది.

డోలకం పనిచేసే విధానం సరిగ్గా అదే. డోలాయమాన వలయాన్ని ట్రయోడ్‌లోని ఆనోడ్‌కి కలుపుతారు. డోలనాలు ఆగిపోకుండా ఉండడం కోసం, ఆనోడ్ వలయం నుంచి డోలనంలో వున్న శక్తిలో కొంత భాగాన్ని ట్రయోడ్‌లోని గ్రిడ్ మీద పడేలా చేస్తారు. గ్రిడ్ మీద పడిన డోలనాలు ట్రయోడ్ గుండా ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కంట్రోలు చేయడం మొదలెడతాయి. డోలనాలు చేస్తున్న విద్యుత్ ప్రవాహం ఆనోడ్ గొలుసులో కలపబడివున్న డోలాయమాన వలయాన్ని ఊపుతుంది. ఈ వలయంలో డోలనాలు ఎన్ని సార్లు పునరావృతమైతే, గ్రిడ్‌కి వుండే కంట్రోలు వోల్టేజి అన్ని సార్లు మారుతుంది. ఒక చక్రం పునరావృతమైన ప్రతీ సారీ ఆనోడ్ విద్యుత్ ప్రవాహ ప్రచోదనాలు ఏర్పడి, డోలాయమాన వలయాన్ని దాని సహజ పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా వుండే పౌనఃపున్యంతో "ఊపుతాయి". ఆవిధంగా అనంతమైన గొలుసు బదులు సంవృత వలయం తయారవుతుంది.

డోలాయమాన వలయంలో ఏర్పడిన డోలనాలు గ్రిడ్ మీద పడిన తర్వాత బలం

పుంజాకుని వలయాన్ని ఇంకా బలంగా ఊపడం ప్రారంభిస్తాయి. వలయం నుంచి తిరిగి గ్రిడ్ మీద పడి అక్కడి నుంచి మళ్లీ ఆనోడ్‌ని చేరతాయి.

ఆంప్లిఫైయర్‌లో ట్రయోడ్‌లోని గ్రిడ్ మీదకి పంపబడిన సంకేతం, విద్యుత్ ప్రవాహంతో సంబంధం కలిగివుంటుంది (1. 25–1. 34). డోలకంలో ఈ బంధం ముందువైపుకే కాకుండా, "వెనకవైపుకి" కూడా ఉంటుంది. ఆనోడ్ దగ్గరి శక్తిలో కొంత భాగం తిరిగి వెనక్కి వచ్చి గ్రిడ్‌ని చేరుతుంది. అప్పుడు వాల్వ్ తన స్వంత సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేయడం మొదలెడుతుంది.



ఆవిధమైన ప్రక్రియలనే ఎలక్ట్రానిక్స్ నిపుణులు 'స్వయం ఉత్తేజితము' అంటారు.

మనం ఇంతకుముందు పరిశీలించిన ప్రకృతిలో నీటి చక్రీయ భ్రమణంలో కూడా ప్రత్యేకమైన తిరోగామి ప్రక్రియ ఉంటుంది. నదుల నీటి ద్వారా సరస్సులూ, సముద్రాలూ నిండడం పురోగామి ప్రక్రియ అయితే, సరస్సులూ, సముద్రాల్లో నుంచి నీరు ఆవిరై మబ్బులుగా మారి వాన రూపంలో తిరిగి నదులని చేరడం తిరోగామి ప్రక్రియ అవుతుంది. నీటి చక్రీయ భ్రమణంలోనూ, విద్యుత్ డోలనాలని సృష్టించడంలోనూ అవసరమైన శక్తి ఎక్కడి నుంచి వస్తుంది? మొదటి సందర్భంలో, ఆ శక్తిని సూర్యుడు ఇస్తాడు. రెండో దానిలో, ఆనోడ్‌కి ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహం సరఫరా చేసే జనకం నుంచి ఆ శక్తి వస్తుంది. కాబట్టి ఆ జనకం సూర్యుడిలాంటిదనవచ్చు. ఆనోడ్‌లోని డోలన వలయం – సముద్రం; కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్‌ని చేరే ఎలక్ట్రాన్‌లు – నది; ఆనోడ్ నుంచి తిరిగి వెనక్కి గ్రిడ్‌ని చేరే శక్తిలో కొంత భాగం – వానలు. ఈ చక్రీయ

భ్రమణంలో, ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ (డి. సి) జనకపు శక్తి ఆవిచ్ఛిన్న డోలనాలుగా మారుతుంది.

అయితే ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహంలో ఏదో కొంత భాగాన్ని మాత్రమే డోలనాలుగా మార్చవచ్చు. ఎందుకంటే డోలకం ఉత్పత్తిచేసే డోలనాలకి ఉండే శక్తి కంటే, అది వినియోగించుకునే శక్తి ఎప్పుడూ ఎక్కువగానే ఉంటుంది. డి. సి. జనకం నుంచి తీసుకునే శక్తిలో కనీసం సగమైనా డోలనాల శక్తిగా మార్చగలిగితే డోలకం (ఆసిలేటరు) బాగానే పనిచేస్తోందన్నమాట. భూవాసులమైన మన దృష్టిలో సూర్యుడు తన శక్తిని ఏమాత్రం పొదుపుగా వినియోగించుకోవడం లేదు. ఆ శక్తి దాదాపు పూర్తిగా అంతరిక్షంలో చెల్లాచెదురై పోతోంది. ఆ శక్తిలో అతి స్వల్పంగా మాత్రమే భూమిని చేరుతోంది.

మన డోలకాల్లో (ఆసిలేటర్లలో), శక్తిజనకం నుంచి తీసుకునే శక్తిలో దాదాపు సగం డోలనాలుగా మారుతోంది. మిగతా సగం ఊరికే వృథా అయిపోతోంది. మన లక్ష్యం సాధించుకోడంలో వృథా అయితే, పోనీలే అని సరిపెట్టుకోవచ్చు. ఇక్కడ మన లక్ష్యం స్పష్టం: డోలకంలో ఉత్పత్తయిన డోలాయమాన, ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఆన్టెనాకి తరలించాలి. అది తన చుట్టూ అన్ని దిశల్లోనూ ప్రసారమయే రేడియో తరంగాల రూపంలో విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరచుకుంటుంది.

రకరకాల తరంగాలు వున్నాయి

ఇదీ మూలాంశం

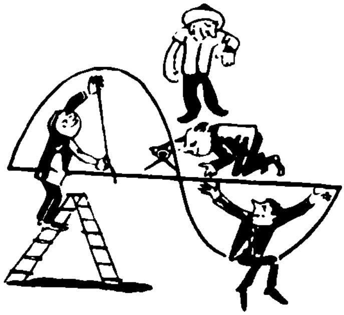
3. 10

రేడియో వలయంలో ఏర్పడే విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలు, సరస్సు ఉపరితలం మీద పరుగెడుతున్న తరంగాలు, వాయు ధారల ప్రభావంతో విమానపు రెక్కల్లో కనపడే కంపనాలు, లోలకపు డోలనాలు, ధ్వని తరంగాలు మొదలైన వన్నిటినీ కూడా ఒకే మాదిరి గణిత సమీకరణాలతో వివరించవచ్చు.

కాని భౌతికశాస్త్రం దృష్టిలో మాత్రం ఈ దృగ్విషయాలన్నింటి స్వభావంలో భేదాలున్నాయి.

3. 11

కాని వీటన్నిటికీ ఒక సాధారణ పోలిక లేకపోలేదు. అవన్నీ కూడా ఆవర్తన సైన్-తరంగపు డోలనాలు. వీటికి స్వాభావికమైనవి మూడు పరిమాణా లున్నాయి. అవి, డోలన (కంపన) పరిమితి, ప్రావస్థ (దశ), పౌనఃపున్యం.



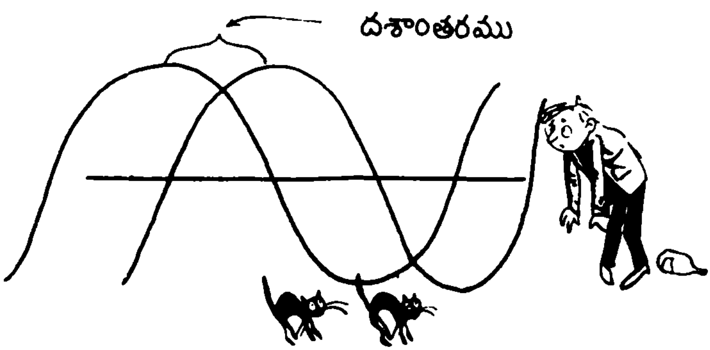
డోలన పరిమితి — మధ్యమ స్థానం నుంచి (తరచు దీన్ని సున్నా స్థానంగా తీసుకుంటారు) గరిష్ఠ విచలనము.

పౌనఃపున్యం — ఒక సెకనులో జరిగే డోలనాల సంఖ్య.

దశ — మరి దీని సంగతేమిటి...?

3. 12

ఒకే ఒక జ్యావక్రీయ ప్రక్రియ గురించి చెప్పుకుంటున్నప్పుడు 'దశ' ని సాధారణంగా లెక్కలోకి తీసుకోరు. ఒకే పౌనఃపున్యం, డోలన పరిమితి ఉన్న రెండు డోలనాలు వాటి దశ రీత్యా భిన్నంగా ఉండవచ్చు. అటువంటి డోలనాలని పోల్చడం కోసం 'దశాంతరము' అనే భావాన్ని ప్రవేశపెట్టారు.



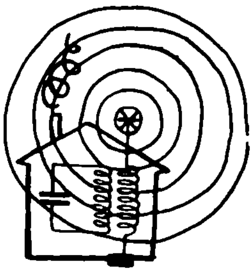
రెండు డోలనాల దశలు తేడాగా వుంటే, ఆ రెండు తరంగాల శృంగాలు వేర్వేరు కాలాల్లో ఏర్పడ్డాయని, అవి చరమ, మధ్యమ స్థానాల గుండా వేర్వేరు క్షణాల్లో ప్రయాణం చేస్తాయని దాని అర్థం.

డోలనాల పౌనఃపున్యం ఆ రెండింటికీ ఒకటే అయినా, అవి ఒకదాని వెనుక మరొకటి వెళ్ళచ్చు, లేకపోతే ఒకదానికొకటి ఎదురుగానూ రావచ్చు. ఎందుకంటే ఆ రెండింటి డోలనాల మధ్య దశాంతరం ఉండటమే దానికి కారణం.

ఒక నిర్దిష్ట దశాంతరం ఉన్న రెండు ఎ. సి. జనకాలు ఉత్పత్తి చేసిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలు సరిగ్గా ఆవిధంగానే ప్రవర్తిస్తాయి.

3. 13

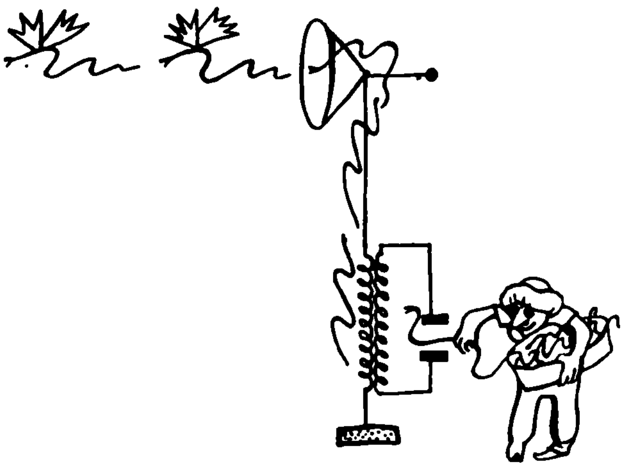
విద్యుత్ డోలనాలు సంభవించే ఆనోడ్ (డోలాయమాన) వలయానికి ఒక ఆన్టెనాని కలిపినట్లయితే, ఆన్టెనాలోని ఎలక్ట్రాన్ల కదలిక ఒడ్డున విరిగే సముద్రపుటలని గుర్తుకుతెస్తుంది. ఆన్టెనాలోని ఎలక్ట్రాన్లు డోలాయమాన వలయంలోని డోలనాలకి అనుగుణంగా ''పెరగటం (పోటు),'' ''తరగడం (ఆటు)'' చేస్తాయి. పోటు వచ్చిన

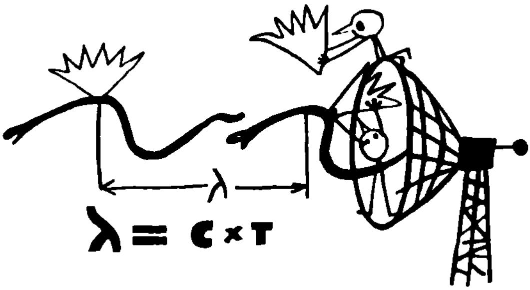


ప్రతిసారీ ఆన్టెనా చుట్టూ వున్న విద్యుదయస్కాంత క్షేత్ర తీవ్రత పెరుగుతుంది. అప్పుడు తరంగాల శృంగం ఏర్పడుతుంది.

3. 14

డోలాయమాన వలయంలో డోలనాల ఒక గడిచిన ఆవర్తనానికి సమానమైన T కాలం తర్వాత ''పోటు'' పునరావృతం అవుతుంది. ఆ సమయంలో అంతకు ముందటి శృంగం ఆన్టెనా నుంచి C కాంతి వేగంతో ప్రయాణం చేస్తూ T కాలంలో కొంత దూరం $C \times T$ వెడుతుంది.

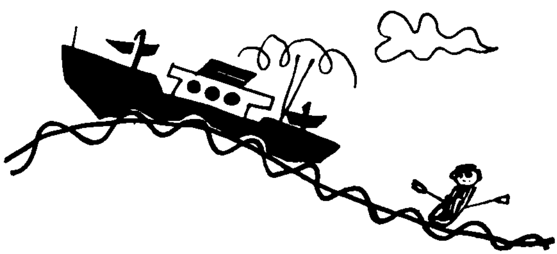




అంటే, ఆన్టెనాలో కొత్త శృంగం ఏర్పడే సరికి అంతకు ముందటి శృంగం అప్పటికే $C \times T$ దూరంలో ఉందన్నమాట. ఆవిధంగా రెండు ఆసన్న శృంగాల మధ్య దూరమే, తరంగ దైర్ఘ్యం $\lambda = C \times T$.

3. 15

ఆన్టెనాలో ''పోటులు'' ఎంత అరుదుగా పునరావృతమైతే రెండో శృంగం ఏర్పడే లోపల మొదటి శృంగం అంత ఎక్కువ దూరం వెళ్ల గలుగుతుంది. దీన్నే ఇంకోలా చెప్పుకోవాలంటే, డోలాయమాన వలయంలోని డోలనాల ''పౌనఃపున్యం ఎంత తక్కువగా వుంటే, ప్రసారం చేయబడిన తరంగం అంత ఎక్కువ పొడవుగా ఉంటుంది''. రెండింటి మధ్య ఉండే ఈ సంబంధాన్ని మనం చాలా తరుచుగా గుర్తుచేసుకోవాల్సి వస్తుంది. దాన్ని బాగా అర్థం చేసుకోవడానికి ఒక ఉదాహరణ చెప్పుకుందాం. సముద్రంలో తరంగం పొడవు ఎంత పెద్దదిగా వుంటే అక్కడ అల పౌనఃపున్యం అంత తక్కువగా ఉంటుంది.



3. 16

తరంగ దైర్ఘ్యం λకి, డోలనాల పౌనఃపున్యం Fకి మధ్య వున్న సంబంధాన్ని నిర్ణయించడంలో పరుగెత్తేవాళ్లు మనకి సహాయం చేస్తారు.

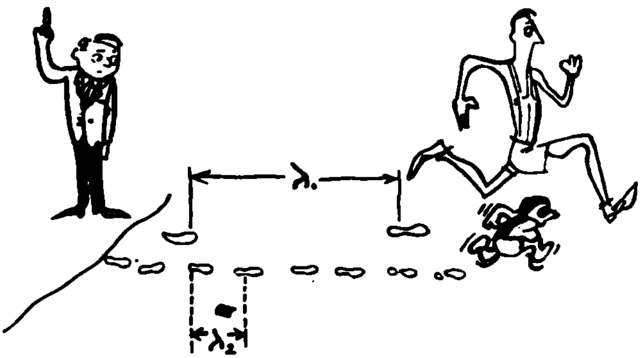
పరుగెత్తేవాడు ఒక సెకనుకి n అడుగులు వేస్తాడనుకుందాం. ప్రతి అడుగు

పొడుగు l అనుకుంటే, అప్పుడు అతని పరుగు వేగం V కనుక్కోవడం ఏమాత్రం కష్టం కాదు. ప్రతీ అడుగు పొడుగుని, సెకనుకి వేసిన అడుగుల సంఖ్యతో హెచ్చవేయాలి.

అంటే, $V = l \times n$

విద్యుదయస్కాంత తరంగాల "అడుగు" తరంగ దైర్ఘ్యం λ అవుతుంది, "అడుగుల సంఖ్య" ఒక సెకనులోని ఆవర్తనాల సంఖ్య F అవుతుంది.

తరంగాలు కదిలే వేగం కూడా మనకి తెలిసిందే. అది కాంతి వేగం Cతో సమానం.



సరిగ్గా పరుగెత్తేవాడి పరుగు వేగాన్ని కనుక్కున్నట్టే ప్రతీ అడుగునీ, ఒక సెకనులోని అడుగుల సంఖ్యతో హెచ్చిస్తూ వేగాన్ని కనుక్కోవచ్చు:

$C = \lambda \times F$

ఈ ఫార్ములా సహాయంతో, తరంగ దైర్ఘ్యం తెలిస్తే డోలనాల పౌనఃపున్యాన్ని లెక్కగట్టవచ్చు.

$F = C/\lambda$

పై సంబంధాన్ని ఇంకా బాగా అర్థంచేసుకోవడానికి ఇంకోసారి పరిగెత్తేవాళ్లని గమనిస్తే మంచిది. పొట్టివాడి అడుగు చిన్నదీ, పొడుగువాడి అడుగు పెద్దదీ అయినా వాళ్లు ఒకే వేగంతో పరుగెట్టుతున్నారు అనుకొందాం. దానర్థం పొట్టివాడు సెకనుకు ఎక్కువ అడుగులు వేస్తున్నాడని.

సరిగ్గా తరంగాల విషయంలో కూడా అదే సూత్రం వర్తిస్తుంది. తరంగాలు ఎంత చిన్నవైతే వాటి పౌనఃపున్యం (సెకనుకు "అడుగుల" సంఖ్య) అంత ఎక్కువగా

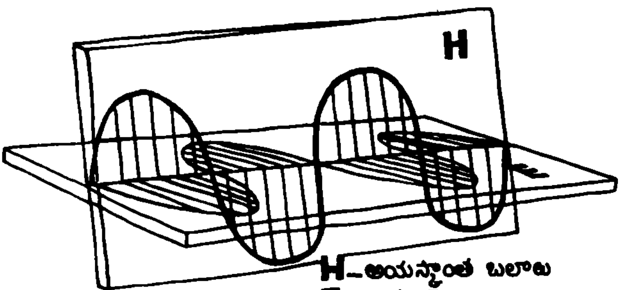
ఉంటుంది. అంతరాళంలో తరంగాలు ఎప్పుడూ ఒకే వేగంతో పయనిస్తాయి. తరంగ దైర్ఘ్యంతో సంబంధంలేకుండా వాటి వేగం ఎప్పుడూ సెకనుకి 300 000 కిలోమీటర్లు ఉంటుంది.

3. 17

జేమ్స్ క్లార్క్ మాక్స్వెల్ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు యీవిధంగా ఉంటాయని మొట్టమొదటిసారి చిత్రీకరించుకున్నాడు. ఇక్కడ రెండు సైన్-తరంగాలూ, అంతరాళంలోనూ, కాలంలోనూ అవిభాజ్యంగా బంధింపబడి వున్న విద్యుత్తు, అయస్కాంత శక్తుల సమకాలిక డోలనాలుగా ఉంటాయి.

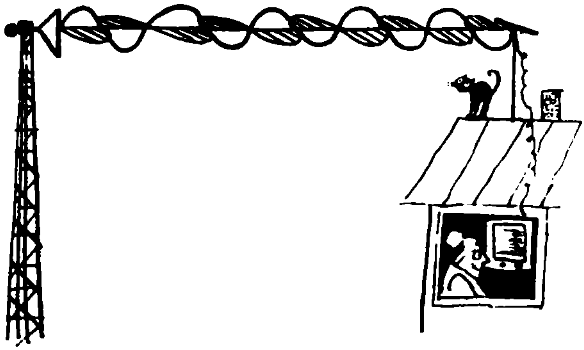
ఈ రెండు బలాలూ ఒకదానికొకటి లంబ దిశలో పనిచేస్తూంటాయి. అందుకనే సాధారణంగా విద్యుదయస్కాంత డోలనాలని చూపించేటప్పుడు సైన్-తరంగాలని రెండు తలాల్లో ఉన్నట్లు చిత్రీకరిస్తారు.

ఎంతో ఎక్కువ దూరాలు ప్రయాణంచేసేటప్పుడు తరంగాలు బలహీనమవుతాయి. కాని వాటిల్లో ఎంత తక్కువ శక్తి మిగిలివున్నా సరే ఆ శక్తిని తరంగపు రెండు సమాన అంశాలూ సమానంగా పంచుకుంటాయి.



3. 18

టెలివిజన్ ఉపయోగించే తరంగాలు 3. 17 చిత్రంలో చూపించినట్లు ఉంటాయి. అయస్కాంత బలాలు నిలువు తలంలో పనిచేస్తూంటాయి. తరంగాల ప్రభావంతో గ్రాహక అన్టెనాలో ప్రేరిత విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడాలంటే అయస్కాంత బలాలు అన్టెనాని అడ్డంగా ఛేదించాలి (ప్రేరణ అంటే ఏమిటో మర్చిపోయినవాళ్లు 2. 18



చిత్రాన్ని చూడాలి). అందుకనే ఇంటి కప్పంమీద టెలివిజన్ ఆన్టెనాలని ఎప్పుడూ క్షితిజ సమాంతరంగా ఏర్పాటు చేస్తారు.

రేడియో వార్తా ప్రసారాల కోసం వాడే తరంగాల్లో విద్యుత్తు, అయస్కాంత బలాలు తమ స్థానాల్ని మార్చుకుంటాయి. (అదే నిపుణుడు అయితే తరంగాల ధ్రువణపు తలం 90 డిగ్రీలు మారింది అంటాడు). అందుకనే వార్తలని బాగా గ్రహించడం కోసం కార్లమీది రేడియో ఆన్టెనాలని నిలువుగా ఉంచుతారు.

గణితశాస్త్రం విషయంలో ఏ తేడా లేదు

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు గణిత శాస్త్రానికి అసాధారణమైనవేమీ కావు. గణితశాస్త్రం వీటిని ఎన్నో విషయాల్లో ఒకదానిగా మాత్రమే పరిగణిస్తుంది. ఇవి ప్రకృతిలో అడుగడుక్కీ తారసపడే డోలనాల్లో ఒక రూపంగా భావిస్తుంది. వాటి విశిష్ట స్వభావాన్ని లెక్కలోకి తీసుకోకుండా డోలనాలని అధ్యయనం చేస్తుంది. డోలనం చేస్తున్నది తంత్రా, నీరా, లోలకమా, గాలా, విద్యుదయస్కాంత తరంగాల్లో కలిపి బంధింపబడిన విద్యుత్తూ, అయస్కాంత బలాలా అనే విషయం గణితశాస్త్రానికి ఏమాత్రం పట్టదు.

వీటన్నిటినీ కూడా ఒకే రకం ఫార్ములాలతో, వక్రాలతో గణితశాస్త్రం వివరిస్తుంది.

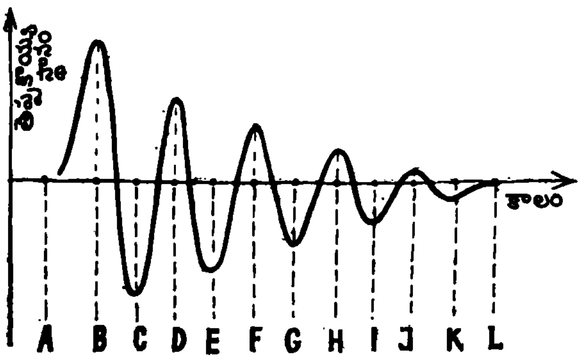
వెంటనే స్పర్శకందని రేడియో తరంగాలని పరిశీలించాల్సిన అవసరం మనకి లేదు. ముందుగా మన అందరికీ బాగా తెలిసిన నీటి ఉపరితలంమీది అలల గురించి మొదలెట్టడం మంచిది.

మీరో సరస్సు ఒడ్డున కూర్చుని చేపలు పడుతూ తేలుతూన్న బెండు మీద ఓ కన్నేసివుంచారని అనుకుందాం. సరస్సు ప్రశాంతంగా ఉంది. బెండు కదలకుండా స్థిరంగా

ఉంటుంది. ఇంతలో అకస్మాత్తుగా సూర్యరశ్మిలో తళుక్కుమన్న పెద్ద చేప దగ్గరలో నీటి మీద ఎగిరి దూకింది. నీళ్ల లోపలికి వెళ్తూ అది నీటి ఉపరితలం మీద అలలని ఏర్పరచింది. మొదటి తరంగ శృంగం బెండుని తగలగానే బెండు పైకీ, కిందకీ ఊగడం మొదలెడుతుంది.

మీరెంతో ఉత్కంఠతో గమనిస్తూంటారు. ఎరని చేప పట్టుకోగానే ఏ క్షణం లోనైనా బెండు నీటి లోపలికి వెళ్తుందని అనిపిస్తుంది. అలలు బలహీనమవుతూ వచ్చి చివరికి ఆగిపోతాయి. బెండు మునగకుండా నిశ్చలంగా నీటి మీద తేలుతూవుంటుంది. చేప ఎరని మింగలేదని మీరు నిరాశకి లోనవుతారు.

ఇప్పుడు దాదాపు మనం చెప్పుకున్నదంతా ఒక గ్రాఫులో చూపబడింది. దీనిలో తేలుతున్న బెండు, చేపలని లెక్కలోకి తీసుకున్నారు. అలా పరిగణనలోకి తీసుకోకుండా ఒదిలేసింది ఏమన్నావుంటే అది చేపలు పట్టేవాడి ఆందోళన మాత్రమే.

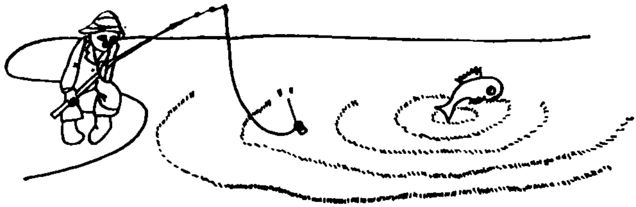


బిందువు A — తిరిగి నీటిలోకి చేప వెళ్లిన క్షణం. కొంత కాలం గడిచిన తర్వాత మొదటి అల శృంగం బెండుని చేరుతుంది (బిందువు B). శృంగం, ద్రోణులు (క్రెస్ట్, ట్రఫ్) ఒకదాని తర్వాత మరొకటి వస్తాయి. అలా వస్తూ అవి బెండును పైకీ, కిం దకీ ఊపుతాయి (B, C, D, E బిందువులు). కాని క్రమంగా అవి బలహీనపడుతూ వచ్చి చివరికి పూర్తిగా మాయమైపోతాయి (బిందువు L). ఆవిధంగా డోలాల క్షయ క్రియ గ్రాఫులో చూపించ బడినట్లుగా ఉంటుంది (పేజీ 130).

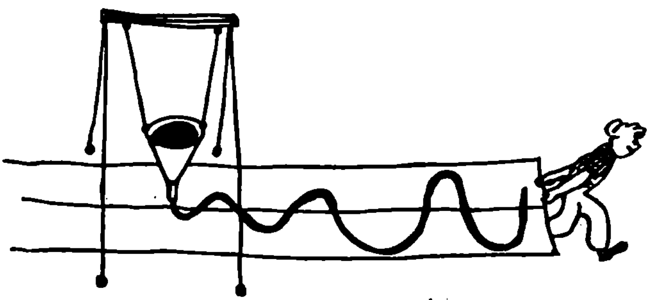
సంగీతకారుడి హస్తం తంత్రిని మీటితే, దాని ప్రతి బిందువూ సరిగ్గా బెండు లాగానే ప్రవర్తిస్తుంది. ఈ విషయాన్ని కూడా పై గ్రాఫు సహాయంతోనే వివరించవచ్చు. ఎటొచ్చీ యిక్కడ స్కేలు మాత్రం వేరుగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే తంత్రి డోలనాలు

వరుస్ప ఉపరితలం మీది నీటి డోలవాల కంటే 'డోలన పరిమితి' లోనూ, 'పౌనః పున్యం' లోనూ తేడాగా ఉంటాయి (3. 11).

డోలన పరిమితి — ఇది తంత్రి లేక ఊగుతున్న బెండుల మధ్యమ స్థానం నుంచి గరిష్ఠ విచలనము. మన గ్రాఫులో ఒకదాని తర్వాత ఇంకోదాని డోలన పరిమితి తగ్గుతూ వస్తోంది. ఎందుకంటే మనం పరిశీలించేది బలహీనమవుతున్న డోలవాలని.

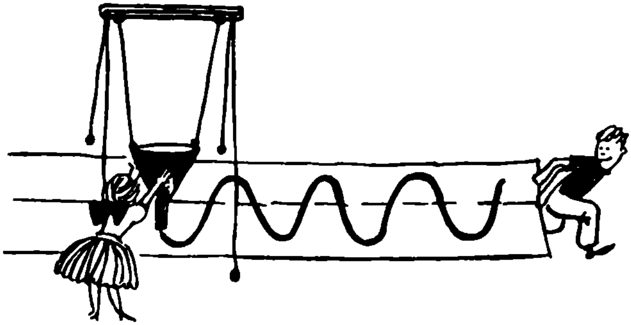


డోలాయమాన వలయాన్ని ఇంకోసారి గుర్తుకుతెచ్చుకుందాం. దీనిలో విద్యుత్ స్పందనం, డోలన పరిమితి తగ్గుతూ వచ్చే సహజ పౌనఃపున్యం గల డోలవాలని కలిగిస్తుంది. (3. 4, 3. 5). ఆశించని ఆనందకరమైన విషయం యింకోటుంది. అదేమిటంటే డోలాయమాన వలయంలో జరిగే ప్రక్రియని కూడా పై వక్రంతోనే చూపించవచ్చు.



మీకు కావాలంటే ఉయ్యాలలు కూడా అదే వక్రాన్ని గీస్తాయి. మొదటి ఊపు తర్వాత ఉయ్యాల డోలన పరిమితి తగ్గుతూ వస్తుంది. దాని వక్రం సరిగ్గా వలయానికీ, ఊగుతున్న బెండుకీ సంబంధించిన వక్రాలని పోలివుంటుంది. డోలవాలు బలహీనపడకుండానూ, డోలన పరిమితి స్థిరంగా ఉండేలాగానూ చేయడం సాధ్యమా? అవును, సాధ్యమే. దీని కోసం ఊగుతున్న (డోలనంలో ఉన్న) వస్తువుని దాని సహజ పౌనఃపున్యానికి సమానమయేటట్లు కదిలించే బాహ్య శక్తి జనకం అవసరం.

అదే ఉయ్యాల విషయంలో అయితే సమస్యని తేలిగ్గా పరిష్కరించవచ్చు. ఉయ్యా



లని ఒకే బలంతో ఊపే యింకో మనిషి అవసరం అంతే. అప్పుడు ఉయ్యాల చలనాన్ని బలహీనపడని సైన్-తరంగంతో చూపవచ్చు.

రేడియో ఇంజనీరింగులో ఆ మనిషి చేసే పనిని ట్రయోడ్ చేస్తుంది. డోలకంలో ఏర్పడే డోలనాల ప్రక్రియ కూడా ఙ్యావక్రీయ ప్రక్రియే. ఉయ్యాల ఒకసారి కుడి వైపుకి వెడితే ఇంకోసారి ఎడమ వైపుకి వెళ్తుంది. సరిగ్గా అలాగే ప్రతి డోలవావర్తన కాలంలోనూ విద్యుత్ ప్రవాహం తన దిశని మారుస్తుంది.

ఆవిధంగా పూర్తిగా విభిన్న స్వభావాలు గల విషయాలని ఒకే రకం వక్రాలతో చూపించవచ్చు.

క్షీణ స్వరం సహాయార్థం

డోలకంయొక్క ఆనోడ్ వలయానికి కలపబడిన ఆన్టెనాని, పరస్సు నీటిలో ఎగిరి మునిగిన చేపతో పోల్చవచ్చు. అదృశ్య రేడియో తరంగాలు ఆ ఆన్టెనానుంచి అన్ని వైపులకీ వ్యాపిస్తాయి (3. 13).



నీటిమీద ఊగుతూ ఉండే బెండు ముక్కగా గ్రాహక అన్టెనా ఉంటుంది. ప్రేరణ సూత్రాలకి అనుగుణంగా రేడియో తరంగాలు ఆ అన్టెనాలో ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ప్రేరేపిస్తాయి. ప్రసారక అన్టెనా నుంచి, గ్రాహక అన్టెనాకి ప్రయాణం చేస్తున్న తరంగాలు సంగీత ధ్వనులని, మాటలని, టెలివిజన్ చిత్రాలని, మోర్స్ కోడ్ లేక ఏదైనా స్పందన కోడ్‌ని మోసుకెళ్లగలవు. ఆవిధంగా రేడియో తరంగాలు అదృశ్యమైనవైనా ఎంతో బలంగా ఉండే దారాలతో భూమి మీద జీవించే ప్రజలందరి మధ్యా సంబంధాలను ఏర్పరచుకుంటాయి.

రేడియో తరంగాలు యింకా కనుగొనబడని రోజుల్లో మనిషి గొంతు ఎంతో బలహీనంగా ఉండేది. మహా అయితే మనిషి అరిచిన అరుపు ఒక కిలోమీటరు వినిపించేది. అదీ వేరే రణగొణ ధ్వనులు దాన్ని మింగెయ్యకుండా ఉంటేనే. ఇందులో ఆశ్చర్యం ఏమీ లేదు. ఎందుకంటే ధ్వని శోధకాల (సౌండ్ డిటెక్టర్స్) సహాయంతోనే ఇంజన్ల గర గర చప్పుళ్లని 100 కిలోమీటర్ల దూరం దాకా వినగలుగుతాం.

అదే రేడియో తరంగాల మీద ప్రయోగం చేస్తే, మనం గుస గుసలాడినా ఆ ధ్వని ప్రపంచమంతటా ఎక్కడైనా విన్పిస్తుంది.

ఎందుకని? ఎందుకంటే ప్రసారక అన్టెనా నుంచి గ్రాహక అన్టెనాని చేరే లోపల రేడియో తరంగాలు కూడా కొంచెం బలహీనపడినా ధ్వని తరంగం అంత తీవ్రంగా బలహీనమైపోవు.

అంతేకాకుండా ఎలక్ట్రానిక్స్ సహాయంతో రేడియో తరంగాల్ని ఆంప్లిఫై చేయవచ్చు.



ధ్వని తరంగం — ఇది గాలియొక్క స్థితి స్థాపక కంపనాలు. కొంత పొడవున్న తంత్రి శుద్ధ స్వరాన్ని విడుదల చేస్తుంది. క్రమబద్ధమైన కాల వ్యవధుల్లో గాలియొక్క సంపీడిత పొరలు (తరంగాల శృంగాలు) హాలులో కూర్చుని వున్న వ్యక్తిని దాటి వెళ్తాయి. కూర్చుని వినేవాడిని సెకనుకి 100 శృంగాలు వచ్చి చేరితే ధ్వని కంపనాల పౌనఃపున్యం 100 హెర్ట్జ్ * అన్నమాట. 16 నుంచి 16 000 హెర్ట్జ్‌ల వరకూ వుండే పౌనఃపున్యాలు గల ధ్వనులని మాత్రమే చెవి వినగలుగుతుంది. శ్రవణ శక్తి ప్రత్యేకించి బాగా వున్న మనుష్యులు 40 000 హెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం వున్న ధ్వనులని కూడా వినగలుగుతారు.

గొంతు చేసిన ధ్వని శక్తిని అంచనా వేయడానికి ఒక చక్కటి ఉదాహరణని చెప్పు కోవచ్చు. 100 000 మంది వ్యక్తులు కలిసి ఒకే కాలంలో మాట్లాడితే, ఆ ధ్వని శక్తి ఒక చిన్న బేటరీ లైటు వినియోగించే శక్తిని మించి వుండదు. భూమి మీద నివ సించే మనుష్యులందరూ ఒకేసారి మాట్లాడటం మొదలెడ్తే, అప్పుడు పుట్టే శక్తి ఒక చిన్న కారు ఇంజను శక్తిని మించి వుండదు.

మనిషి గొంతో, సంగీత వాయిద్యమో చేసే ధ్వనులు అతి తక్కువ శక్తిని కలిగి వుండడంతో స్థితిస్థాపకత గల వాయువులో ప్రయాణం చేస్తూ అవి బలహీనపడి చివరికి నశించిపోతాయి.

ధ్వని అనువాదకాల (సౌండ్ రెజొనేటర్స్) సహాయంతో ఆ ధ్వనిని కొన్ని రెట్లు మాత్రమే ఆంప్లిఫై చేయగలము. అదే రేడియో సంకేతాలనైతే ఆధునిక గ్రాహకాల సహాయంతో 10^{14}–10^{17} రెట్లు (అంటే 100 ట్రిలియన్ల నుంచి 100 క్వాడ్రి లియన్ల రెట్లు) ఆంప్లిఫై చేయవచ్చు.

రేడియో వార్తా ప్రసారంతో పోలిస్తే ధ్వని వార్తా ప్రసారానికి ఇంకో అసౌకర్యం వుంది. మాస్కోలో పుట్టిన ధ్వని ఢిల్లీనో, న్యూయార్కునో చేరడానికి ఎన్నో గంటలు పడుతుంది.

దూర ప్రయాణాల్లో కాలాన్ని, శక్తిని పొదుపు చేయడానికి మనిషి రవాణా సదు పాయాల్ని ఉపయోగించుకుంటాడు.

ధ్వనిని రవాణా చేయడానికి రేడియో తరంగాలు మంచి సాధనాలుగా ఉపయోగి స్తాయి. వీటి వేగం ముందు ఎక్స్‌ప్రెస్ రైలు వేగం ఎందుకూ పనికిరాదు. ఒక్క

---

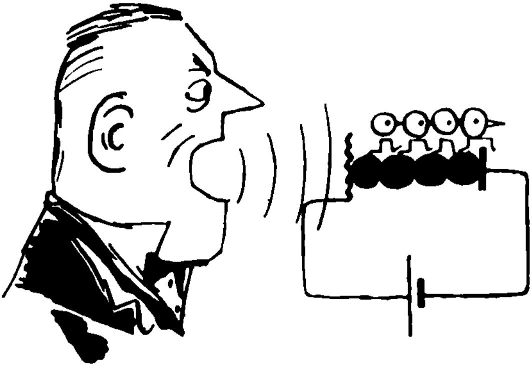
* రేడియో తరంగాల పౌనఃపున్యాలని కొలవడానికి హెర్ట్జ్ ప్రవేశపెట్టిన ఆ ప్రమాణాలని ప్రస్తుతం అన్ని రకాల కంపనాలనీ, తరంగాలనీ ముఖ్యంగా ధ్వని తరం గాలని కొలవడానికి విజయవంతంగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

సెకను కాలంలో రేడియో తరంగం భూమధ్య రేఖ వెంబడి భూమి చుట్టూ దాదాపు 8 సార్లు ప్రదక్షిణలు చేస్తుంది!

ఎలక్ట్రాన్‌లూ, ధ్వనీ

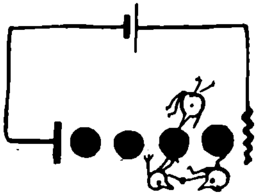
రేడియో ద్వారా ధ్వనుల్ని ప్రసారం చేయాలంటే ముందు ధ్వని తరంగాల్ని ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చాలి. ఆ పనిని మైక్రొఫోన్‌లు చేస్తాయి.

మైక్రొఫోన్ నిర్మాణం తేలిగ్గానే ఉంటుంది. అయితే, భవిష్యత్తులో ఒక ఎలక్ట్రానిక్స్ మ్యూజియాన్ని గాని నిర్మించడం సంభవిస్తే, అందులోని గదుల్లో ఒకదాన్ని పూర్తిగా మైక్రొఫోన్‌లు ఆక్రమించుకుంటాయి.



వేర్వేరు కాలాల్లో, వేర్వేరు దేశాల్లో పరిశోధించబడిన ఎన్నో భౌతిక విషయాలని ఒకే వ్యావహారిక లక్ష్యం కోసం ఏవిధంగా ఉపయోగించుకోవచ్చునో ప్రేక్షకులు తెలుసుకొనేలా ఆ మైక్రొఫోన్‌లు వివరిస్తాయి.

ఇదిగో, ఈ మైక్రొఫోన్ ఓమ్ చేత ఆవిష్కరించబడి అతని పేరుతో వున్న నియమాన్ని ఉపయోగించుకుంటుంది.

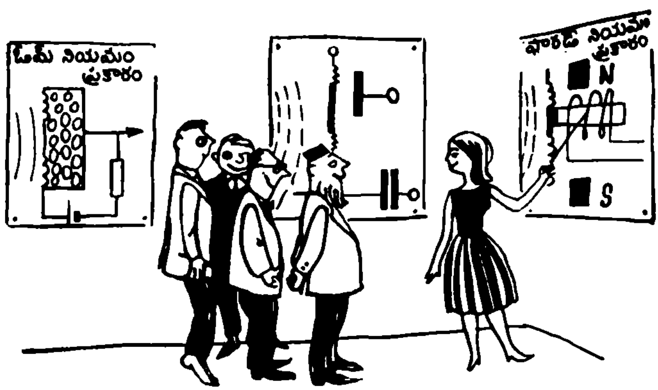


ధ్వని కంపనాల ప్రభావానికి పటలం (మెంబ్రేను) కంపిస్తుంది. దానిమీద ఒత్తిడి బాగా పెరిగినప్పుడు (తరంగపు శృంగం దాన్ని చేరినప్పుడు అది జరుగుతుంది) పటలం, దాన్ని అనుకుని వున్న కార్బన్ పొడి గల పొరని గట్టిగా నొక్కుతుంది. ఆ ఒత్తిడికి కార్బన్ పొడిలోని కణాలు బాగా దగ్గరగా వస్తాయి. అప్పుడవి విద్యుత్ ప్రవాహం బాగా వుండేలా చేస్తాయి. ఆ క్షణంలో విద్యుత్ ప్రవాహం పెరుగుతుంది. ఎన్ని సార్లు శృంగం, ద్రోణులు పటలాన్ని తాకితే అన్ని సార్లూ మైక్రోఫోన్ వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం పెరుగుతుంది, తరుగుతుంది.

స్థిరంగా వుండే స్వర స్థాయిలో, విద్యుత్ ప్రవాహం ధ్వని పౌనఃపున్యంతో జ్యావక్రీయంగా మారుతూవుంటుంది.

అన్ని రకాల డోలనాలకీ గణితశాస్త్రం ఒకే కొలబద్దని ఉపయోగిస్తోందంటే అది ఊరకనే కాదు. నిజంగానే కూడా, స్వతస్సిద్ధమైన ధర్మాలని — డోలన పరిమితి, పౌనఃపున్యాలని నిలువుకుంటూ ఒక రకం డోలన ప్రక్రియ నుంచి ఇంకో ప్రక్రియకి మారటం సాధ్యమే.

ఇది మరొక రకం మైక్రోఫోన్. ఇక్కడ ఫారడే కనుగొన్న ప్రేరణ నియమాలు ఉపయోగించబడతాయి. పటలం కాయిల్‌ని కంపించేలా చేస్తుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో కాయిల్ ఉంటుంది. అయస్కాంత బల రేఖలని వ్యతిచ్ఛేదించేటప్పుడు (ఇన్‌టెర్‌సెక్ట్)



కాయిల్ చుట్లలో విద్యుత్ ప్రవాహం ప్రేరేపించబడుతుంది. విద్యుత్ ప్రవాహ పౌనఃపున్యం, పటలం పౌనఃపున్యంతో సమానం. డోలన పరిమితి ఎంత ఎక్కువగా వుంటే ధ్వని తరంగం పటలాన్ని అంత బలంగా కంపింప చేస్తుంది.

ధ్వని ప్రభావం వల్ల క్షమత్వం మారేలాంటి మైక్రోఫోన్‌లూ ఉన్నాయి. అలా మారిన క్షమత్వం వలన విద్యుత్ ప్రవాహం మారుతుంది.

మీరు చూస్తున్నట్లు, పద్ధతులు చాలానే ఉన్నాయి. అయితే ఫలితం మాత్రం ఒకటే. ధ్వని, అనురూప పౌనఃపున్యం గల విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలని కలిగిస్తుంది.

కెపాసిటరు ప్రమాదాలు జరగకుండా చూస్తుంది

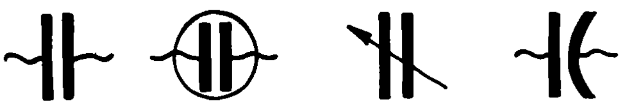
ఇదీ మూలాంశం

3. 19

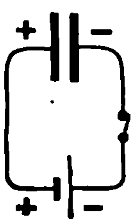
నగరంలోని మార్గాలన్నిటిమీదా ఉండే ట్రాఫిక్ సంకేతాలన్నిటినీ తీసివేస్తే ఏమవుతుందో ఊహించడం ఏమంత కష్టంకాదు. రోడ్ల కూడళ్ల అన్నిటి దగ్గరా జరిగే ప్రమాదాలకి అంతం ఉండదు.

ఏకాంతర సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేసే ఏ ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లోనైనా అటువంటివే ప్రమాదకరమైన కూడళ్లు ఉంటాయని తేలుతోంది. రోడ్ల మీద సంకేతాలు ఉన్నట్లు, అటువంటి కూడళ్ల దగ్గర కెపాసిటర్లు ఉంటాయి.

ఎలక్ట్రాన్ల చలనాన్ని కంట్రోలు చేయడం ద్వారా అవి ప్రమాదాలు జరగకుండా చూస్తాయి.



3. 20



కెపాసిటర్ నిర్మాణం సులభంగా ఉంటుంది. అతిసరళమైన కెపాసిటర్‌లో రెండు సమాంతర ఫలకాలు ఉంటాయి. వాటి మధ్య వాయు పొర ఉంటుంది. చల్లటిగాజు ఫలకం మీద తేమ యొక్క అతి సూక్ష్మ బిందువులు సాంద్రీకరిస్తాయని (ద్రవీకరిస్తాయని) అందరికీ తెలుసు. వోల్టేజి జనకానికి కలపబడిన విద్యుత్ కెపాసిటర్ (దీన్నే కండెన్సర్ – క్షమశీలి అని

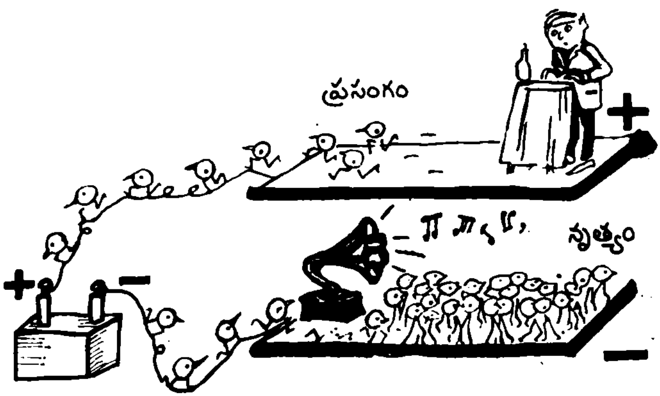
కూడా అంటారు) తన ఫలకాల (ప్లేట్ల) మీద ఆవేశాలని సాంద్రీకరిస్తుంది. అందుకనే ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాన్ని కంట్రోలు చేసేటప్పుడు దీన్ని ''రిజర్వాయర్''గా వాడతారు.

కెపాసిటర్‌ని ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ (డి. సి.) జనకానికి కలిపినప్పుడు దాని రెండు ఫలకాల్లో ఒకదాని మీద ఎలక్ట్రాన్‌లు పోగవుతాయి. దానికప్పుడు ఋణాత్మక పొటెన్షల్ వస్తుంది.

రెండో ఫలకాన్ని వదిలి బయటనుండే తీగ గుండా ఎలక్ట్రాన్‌లు వెళ్లిపోతాయి. దీని పొటెన్షల్ అప్పుడు ధనాత్మకమవుతుంది.

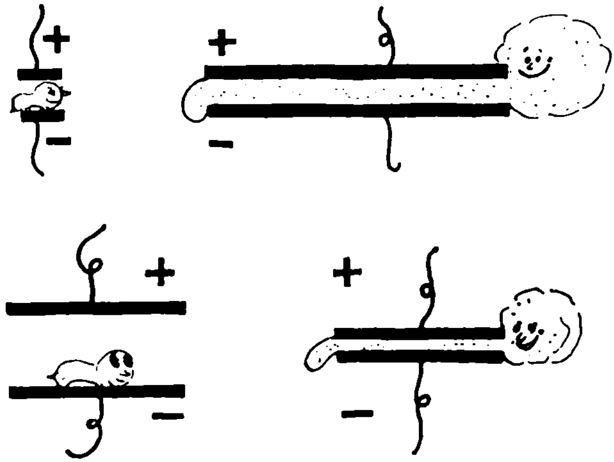
ఆ రెండు ఫలకాల మధ్య ఉండే పొటెన్షల్ భేదం కెపాసిటర్ కలపబడిన బేటరీ వోల్టేజికి సమానమయినప్పుడు కెపాసిటర్ పూర్తిగా ఆవేశితమవుతుంది.

3. 21



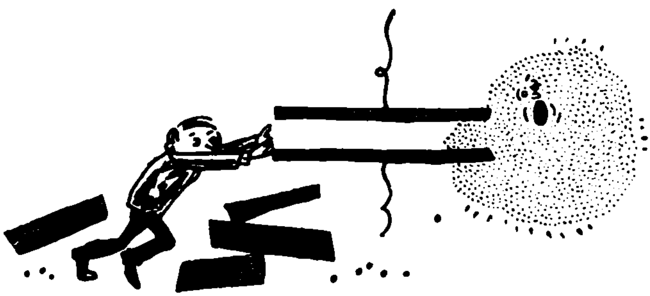
కెపాసిటర్ పోగుచేసే ఆవేశం పరిమాణం, దాని క్షమత్వం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఫలకాల వైశాల్యం ఎంత ఎక్కువగా వుంటే కెపాసిటర్ క్షమత్వం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఫలకాలని దగ్గరగా తీసుకువచ్చినప్పుడు కూడా కెపాసిటర్ క్షమత్వం పెరుగుతుంది. కాని అటువంటి సందర్భంలో భంజనం (బ్రేక్ డౌన్) జరిగే అవకాశం ఉంటుంది. అధిక వోల్టేజిల దగ్గర దగ్గరగా అమర్చబడివున్న రెండు ఫలకాల మధ్య విద్యుత్ స్ఫులింగం మెరవవచ్చు.



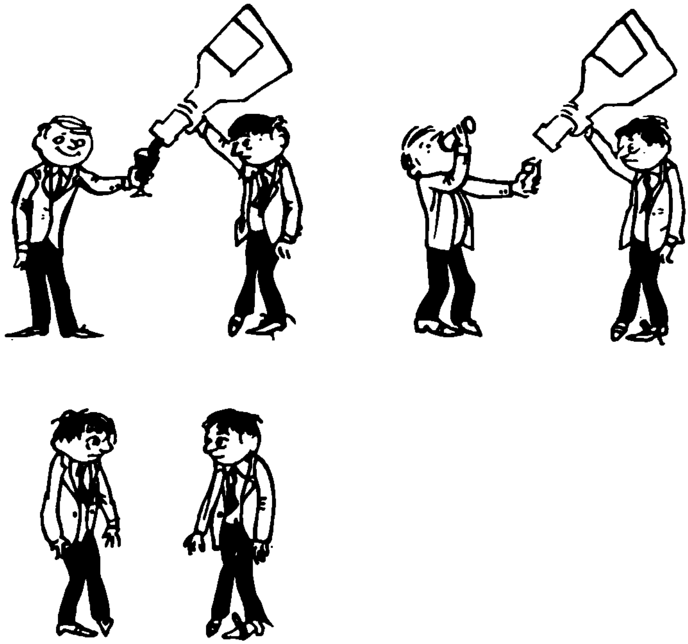
3. 22

కెపాసిటర్ పరిమాణం పెంచకుండానే, దాని క్షమత్వాన్ని ఎన్నో రెట్లు పెంచవచ్చు. దాని కోసం, రెండు ఫలకాలని వేరుచేస్తూ బంధకాన్ని (ఇన్సులేటర్ని) ఉంచాలి. అభ్రకం, పింగాణి, పోలీస్టైరిన్ వంటి ప్రత్యేకమైన పదార్థాలతో ఆ బంధకాన్ని తయారుచేస్తారు.

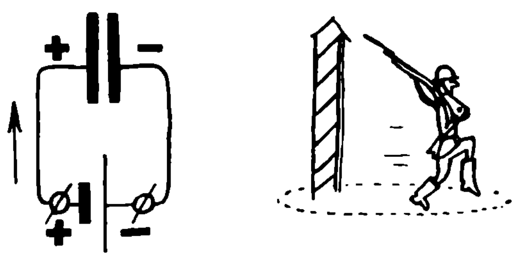


3. 23

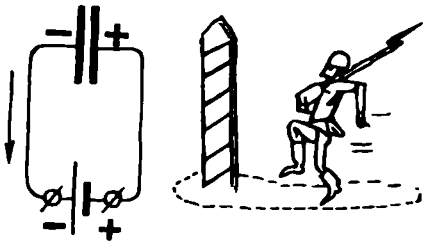
కెపాసిటర్, ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ జనకం మాత్రమే వున్న వలయంలో కెపాసిటర్ ఆవేశితమవుతున్నంతసేపు మాత్రమే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. కెపాసిటర్లో వోల్టేజి, జనకం వోల్టేజితో సమానమవగానే వలయంలో విద్యుత్తు ప్రవహించడం మానేస్తుంది.



3. 24

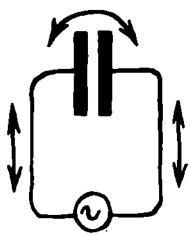


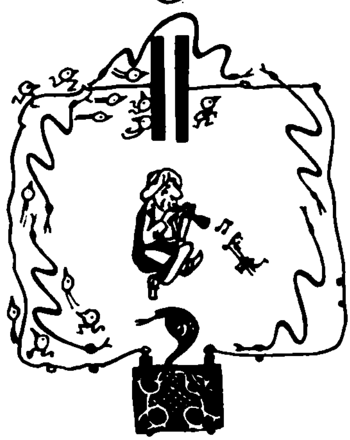
అదే వలయంలో వోల్టేజి జనకపు ధృవాలని మార్చినట్లయితే కెపాసిటర్ పునరావేశితం అవుతుంది. విద్యుత్తు ఇప్పుడు వ్యతిరేక దిశలో ప్రవహిస్తుంది. కెపాసిటర్ వోల్టేజి, జనకం వోల్టేజిలు సమానమయే దాకా అలా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో కెపాసిటర్ ఫలకాలు రెండూ వ్యతిరేక గుర్తులున్న ఆవేశాలని పొందుతాయి.



3. 25

ఉదాహరణకి, కెపాసిటర్‌ని సెకనుకు 1000 సార్లు మారే ఏకాంతర వోల్టేజి జనకానికి కలిపితే, ఫలకాల మీద ఆవేశాల గుర్తులు 1000 సార్లు మారతాయన్నమాట. అంటే బాహ్య వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం తన దిశని 1000 సార్లు మార్చుకుంటుందన్నమాట. అయినా వలయంలో విద్యుత్తు ప్రవహించడం మానదు. అంటే కెపాసిటర్ తన గుండా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పోనిస్తుందన్నమాట. నిజానికి కెపాసిటర్ గుండా విద్యుత్తు ప్రవహించదు. కెపాసిటర్‌లో ఫలకాల మధ్య వున్న బంధకం పొర గుండా ఒక్క ఎలక్ట్రాన్ కూడా వెళ్లలేదు. ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒక్క బాహ్య వలయంలోనే చలిస్తూంటాయి.

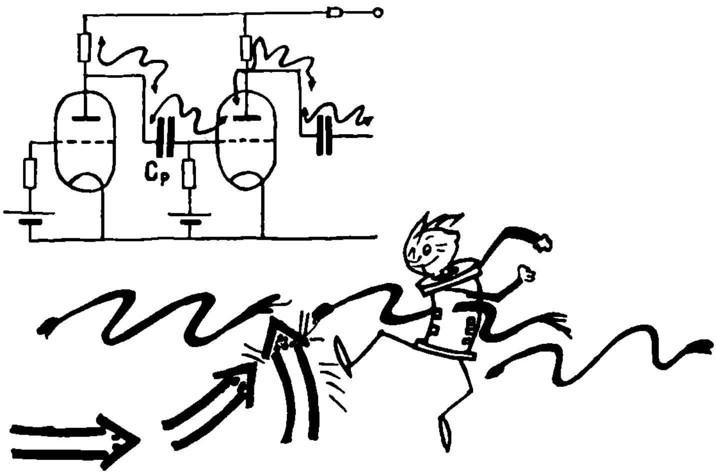




ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తీసుకున్నట్లయితే వ్యవహారం దానికి పూర్తిగా భిన్నంగా ఉంటుంది. కెపాసిటర్ ఒక్కసారి మాత్రమే ఆవేశితమవుతుంది. అప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహం ఆగిపోతుంది. ఎందుకంటే రెండు ఫలకాల మధ్య జాగాని అధిగమించి ఏ ఒక్క ఎలక్ట్రాన్ వెళ్లలేదు. కెపాసిటర్‌ని కలిపిన వలయంలో ఏకముఖ విద్యుత్తు ప్రవహించదు.

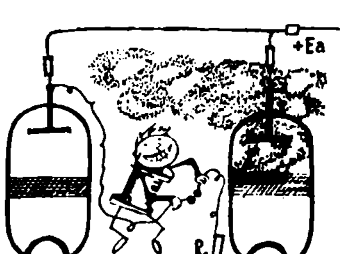
3. 26

ఈ ధర్మాన్ని ఎల్రక్ట్రానిక్స్ అడుగడుగునా ఉపయోగించుకుంటుంది. కెపాసిటర్ C_pని ఏకముఖ, ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాల "కూడలి" దగ్గర, ఒక వాల్వు ఆనోడ్‌కి రెండో వాల్వు గ్రిడ్‌కి మధ్య ఉంచుతారు. అటువంటి కెపాసిటర్‌ని 'విభాజక కెపాసిటర్' అంటారు. దీని లక్ష్యం ఏకముఖ, ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలనివేరుచేయడం.



ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహానికి తర్వాతి వాల్వుకి చెందిన ఆనోడ్ నుంచి గ్రిడ్‌కి దారి తెరుస్తూ, అదే సమయంలో, కెపాసిటర్ ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహానికి దారి మూసేస్తుంది.

3. 27

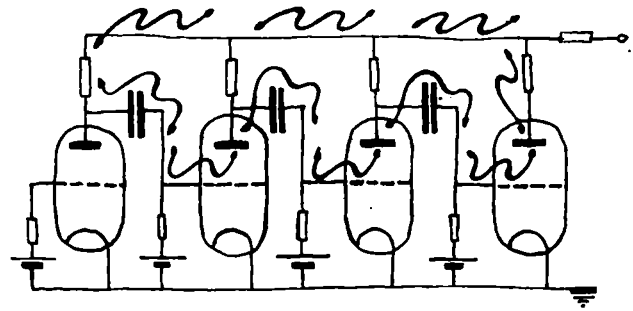


ఈ కెపాసిటర్‌లోని ఫలకాలు ఒకదానికొకటి తగిలాయంటే (ఉదాహరణకి, భంజనం వలన), ప్రమాదం జరిగి తీరుతుంది. ఆనోడ్ అధిక పొటెన్షల్ మూలంగా ఎక్కువ పరిమాణంలో గ్రిడ్ నిరోధకం R_c గుండా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. అప్పుడు గ్రిడ్ పొటెన్షల్ ఆనోడ్ పొటెన్షల్‌తో సమానమవడం వల్ల వాల్వు పనికిరాకుండా పోతుంది.

మామూలుగా పనిచేసే కెపాసిటర్ ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలనే తన గుండా పోనిస్తుంది. అందుకనే కెపాసిటర్ ఆంప్లిఫై చేయబడిన సంకేతాలని తన గుండా తేలిగ్గా పంపిస్తూ గ్రిడ్‌ని చేరేలా చేస్తుంది. ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహానికి దారి మూసేస్తుంది.

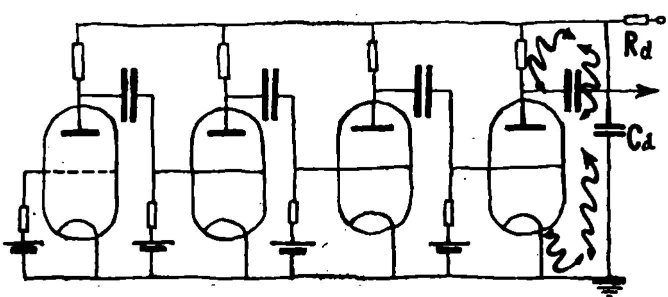
3. 28

ఆనోడ్ నుంచి ఆనోడ్ వోల్టేజి జనకానికి ఏకాంతర విద్యుత్తులు తేలిగ్గా ప్రవహిస్తే ఇంకో రకం ప్రమాదం సంభవిస్తుంది. ఆఖరి అంచె నుండి బలమైన సంకేతం ఉమ్మడి (సాధారణ) సరఫరా జనకం ద్వారా తొలి అంచెలకి తిరిగిరావచ్చు. అప్పుడు ఆంప్లిఫైయర్‌లో పారసైటిక్ పునర్నివేశం (పారసైటిక్ ఫీడ్‌బాక్) ఏర్పడుతుంది.



అటువంటి ఆంప్లిఫైయర్ లోపలికి వచ్చే (ఇన్‌కమింగ్) సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేయలేదు. అంతేకాకుండా స్వంత కంపనాలని విడుదల చేయడం ప్రారంభిస్తుంది.

అటువంటి ప్రమాదం జరగకుండా చూడడానికి వియుగ్మన (డికప్లింగ్) కెపాసిటర్‌ని C_d ఉపయోగిస్తారు.



ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహానికి అది అతి తక్కువ నిరోధాన్ని చూపిస్తుంది. వాల్వుకి చెందిన ఆనోడ్ వలయం కెపాసిటర్ గుండా భూమికి కలపబడివుంటే, అప్పుడు ఆనోడ్ విద్యుత్ ప్రవాహంలోని ఏకాంతర అంశం కెపాసిటర్ గుండా తేలిగ్గా ప్రవహించి భూమిని చేరుతుంది. అంతేకాని వియుగ్మన నిరోధకం R_d గుండా ఉమ్మడి సరఫరా జనకానికి తిరిగి రాదు.

మరీ దీర్ఘ తరంగాలు

రేడియో కేంద్రాలు ఎలా పనిచేస్తూంటాయి? ఇప్పుడు మనకంతా అర్థమయి పోయింది కాబట్టి ఆ ప్రశ్నకి తేలిగ్గా జవాబు ఇవ్వచ్చుననిపిస్తుంది. కాని...

ధ్వనిని మారుతూండే విద్యుత్ ప్రవాహంగా మైక్రోఫోన్ మారుస్తుంది. ప్రసారక ఆన్టెనాకి పంపబడిన ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహం రేడియో తరంగాల రూపంలో అంతరాళంలోకి ప్రసారం చేయబడుతుంది. రేడియో తరంగాలు గ్రాహక ఆన్టెనాలో ప్రేరక విద్యుత్ ప్రవాహాల్ని కలిగిస్తాయి. వాటిని ఎలక్ట్రాన్ వాల్వుల సహాయంతో ఆంప్లిఫై చేయవచ్చు. ఆంప్లిఫై అయిన విద్యుత్ ప్రవాహపు శక్తి టెలిఫోన్‌లోని శంకుని కంపింప చేస్తుంది. అంతకు మించి ఇంకేముంది? ఇంతా చేస్తే ఇందులో అస లైంది ఒక ప్రధానమైన లింకు లేదు. అది లేకుండా మిగతా లింకులన్నింటినీ కలిపి గొలుసులా చేయడం సాధ్యంకాదు.

"...రేడియో మాస్కో. ఇప్పుడు మీరు వయొలిన్ కచేరీ వింటారు. వయొలిన్ వాయించేది..."

ఎనౌన్సరు గొంతు (అతని ధ్వని కంపనాల పౌనఃపున్యం సెకనుకు 80–8000 సైకిల్సు ఉంటుంది) తర్వాత సెకనుకు 16 000 కంపనాల దాకా అంటే 16 కిలోహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం వుండే వయొలిన్ ధ్వనులు వినవస్తాయి (1000 హెర్ట్జ్‌లు ఒక కిలోహెర్ట్జ్. 1000 కిలోహెర్ట్జ్‌లు ఒక మెగాహెర్ట్జ్. ఈ ప్రమాణా లనే ఇకముందు ఉపయోగించుకుంటాం).

కాని గ్రాహకం ఎప్పుడూ ఒకే రకం పౌనఃపున్యాలని గ్రహించేలా రూపొందిం చబడింది. ఏ రకం పౌనఃపున్యాలవి, 80 నుంచి 8000 దాకానా లేక 16 000 హెర్ట్జ్‌లా? ధ్వని కంపనాల పౌనఃపున్యంలో మార్పు వచ్చినా గ్రాహక ఆన్టెనాని వాటికనుగుణంగా ఎందుకు తిరిగి రూపొందించకూడదు?

ధ్వని ఏవిధంగా విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలుగా మారుతుందో, వాటి డోలనాల పౌనఃపున్యాలు ధ్వని (వినిపించే) పౌనఃపున్యాలకి సమానంగా ఉంటాయో ఇంతకు

ముందే తెలుసుకున్నాం. అన్టెనా చుట్టూ తరంగాలని ఏర్పరిచేది ఆ విద్యుత్ ప్రవాహమే కాదా? గ్రాహక అన్టెనా గ్రహిస్తూ తిరిగి ధ్వని తరంగాలుగా మార్చవలసినవి ఆ తరంగాలే కాదా?

అంతరాళంలోకి నిజంగానే ధ్వని పౌనఃపున్యాలని వికిరణం చేయడం సాధ్యపడితే సమస్యా పరిష్కారం తేలిగ్గా అయిపోయేది. మైక్రోఫోన్ వలయంలో ఏర్పడే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఆంప్లిఫై చేసి, రేడియో తరంగాల్ని రూపొందించడం కోసం దాన్ని అన్టెనాకి పంపడం సాధ్యపడివుండేది.

కాని వచ్చిన చిక్కల్లా ఎక్కడుందంటే, అన్టెనా పరిమాణం, వికిరణం చెందుతున్న తరంగాల తరంగ దైర్ఘ్యానికి తగినట్లు (అనురూపంగా) వుంటేనే, అది తరంగాలని వికిరణం చేయగలదు.

ధ్వని, విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలుగా రూపాంతరం చెందిందనీ, ఆ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అన్టెనాకి పంపగా అది తరంగాన్ని వికిరణం చేసిందనీ అనుకుందాం. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ఏ వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయో మనకి తెలుసు. అలాగే అన్టెనాలో విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాల పౌనఃపున్యం కూడా తెలిస్తే వికిరణం చెందుతున్న తరంగాల పొడవును తేలిగ్గా లెక్కగట్టవచ్చు (3. 16).

16 నుంచి 16 000 హెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం గల విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలవల్ల ధ్వని ఏర్పరుస్తుంది. 16 000 హెర్ట్జ్‌లకి విద్యుదయస్కాంత తరంగం పొడవు సుమారు 19 కిలోమీటర్లు ఉంటుంది. దాన్నిబట్టి, అటువంటి తరంగాల్ని ప్రసారం చేయాలంటే ప్రసారక కేంద్రంలోని అన్టెనా పొడవు కొన్ని కిలోమీటర్లు ఉండాలి.

ఇంతాచేస్తే, ధ్వని యొక్క కనిష్ఠ పౌనః పున్యాల గురించి ఇంకా మనం చెప్పుకోనే లేదు. వీటి పౌనఃపున్యాలు పదుల వేల కిలోమీటర్ల పొడవుండే రేడియో తరంగాలకి అనురూపంగా ఉంటాయి.

అటువంటి బ్రహ్మాండమైన అన్టెనాలని నిర్మించ గలిగామే అనుకుందాం. అయినా సమస్య మాత్రం సమస్యగానే ఉండిపోతుంది. అన్ని రేడియో కేంద్రాలూ 16–16 000 హెర్ట్జ్‌లకి మధ్యనుండే పౌనఃపున్యాలు గల ధ్వనులని ప్రసారం చేస్తున్నాయనుకోండి. మీ రేడియో కూడా అవే పౌనఃపున్యాలని గ్రహించేటట్లు రూపొందించారనుకొందాం. అప్పుడు, మీరు ఏదో ఒక్క ప్రసారం వినడానికి బదులు అన్ని సంగీతాలనీ, అన్ని గొంతులనీ కలిపి మూకుమ్మడిగా వింటారు.

అదృష్టవశాత్తూ, రేడియో ప్రసార పద్ధతిని ఇంకోదాన్ని కనుగొన్నారు. దాని పుణ్యమా అనే, రేడియోని అసంఖ్యాకమైన స్టేషన్ల నుంచి కావల్సినదాన్ని వినడా

నికి వీలుగా శృతిచేయడానికి వీలవుతోంది. అలాగే బ్రహ్మాండమైన ఆన్టెనాలని నిర్మించా ల్సిన అవసరమూ లేకుండాపోతోంది.

ప్రసారాలకోసం వాహక తరంగాల్ని వాడడం జరుగుతోంది.

కంటికి కనిపించని ఎక్స్‌ప్రెస్

రేడియో ప్రసార కేంద్రాల (రేడియో బ్రాడ్ కాస్టింగ్ స్టేషన్ల) ద్వారా దూర ప్రాంతాలకి ధ్వనిని ప్రసారం చేయడానికి ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రత్యేకమైన తరంగాల్ని ఉత్ప త్తిచేస్తోంది. వీటి తరంగ దైర్ఘ్యం 15 నుంచి 2000 మీటర్ల దాకా ఉంటుంది. అంటే వీటి పౌనఃపున్యాలు 20 000 000 నుంచి 150 000 హెర్ట్‌జ్‌ల (20 మెగాహెర్ట్‌జ్‌ల నుంచి 150 కిలోహెర్ట్‌జ్‌ల) దాకా ఉంటాయన్నమాట.

కాంతి డోలనాల పౌనఃపున్యంతో పోలిస్తే ఈ పౌనఃపున్యాలు చాలా అల్పమైనవనే చెప్పాలి. ఎందుకంటే కాంతి తరంగాల పౌనఃపున్యాన్ని మిలియార్డుల (వేల మిలి యన్ల) మెగాహెర్ట్‌జ్‌లతో కొలుస్తారు. అంతే కాకుండా వీటిని ధ్వనిలా వినడానికి సాధ్యం కాదు. దానికి వీటి పౌనఃపున్యాలు మరీ ఎక్కువగా ఉంటాయి. అయితేనేం, కంటికగు పడనివీ, చెవికి వినపడనివీ, స్పర్శ కందనివీ అయిన ఈ తరంగాలే ఎంత దూరానికైనా సంగీతాన్ని, ఉపన్యాసాన్ని తీసుకువెళ్లే ఒక అద్భుతమైన "ఎక్స్‌ప్రెస్"గా ఉపయోగ పడతాయి.

తన యాత్రకి బయలుదేరే ముందు, ధ్వని, మైక్రోఫోన్ సహాయంతో శ్రావ్యతా పౌనఃపున్యాలలో డోలనం చేసే విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చబడి, పైన చెప్పుకున్న అధిక పౌనఃపున్యాల సంకేతాల మీద సవారీచేస్తుంది. అందుకనే ఆ సంకేతాలని వాహక సంకేతాలని పిలుస్తారు. నిజంగానే కూడా అవి మార్చబడిన ధ్వనిని ముందు ఆన్టెనాకి రవాణాచేస్తాయి. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలుగా మారిన తర్వాత అక్కడ నుంచి దాన్ని అంతరాళం ద్వారా అదే తరంగ దైర్ఘ్యానికి శృతి చేయబడిన గ్రాహకాలకి చేరుస్తాయి.

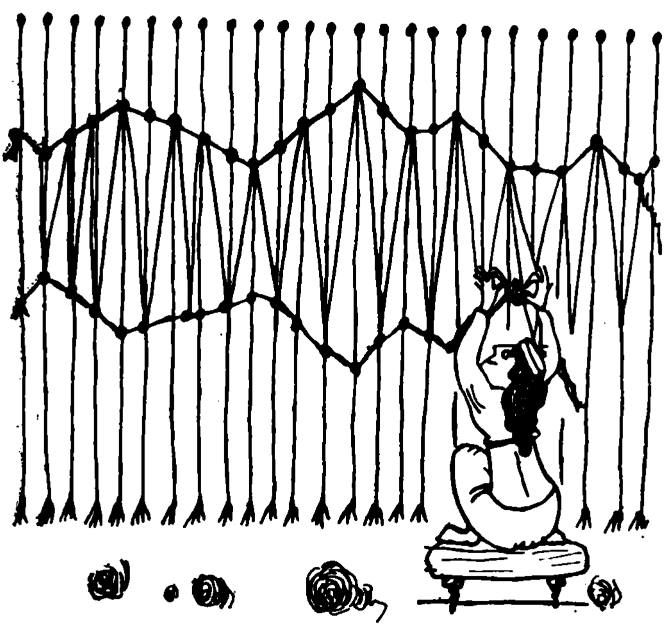
కచ్చితంగా చెప్పుకోవాలంటే, ఆ సందర్భంలో వాహక తరంగాల శృంగాల మీద ధ్వని "కొద్దికొద్దిగా" తీసుకెళ్లబడుతుంది. అయితే శృంగాలు ఒకదాని తర్వాత ఇం కోటి ఎంత త్వరగా వస్తాయంటే, ధ్వనుల మధ్య ఆ ఖాళీ జాగాని ఎంతో సున్నితమైన విద్యుత్ సాధనం కూడా గుర్తించలేదు. ఎంతో క్లిష్టమైన డిజైనుతో వున్న టివా

సీవో, రగ్గువో చూసి ముచ్చట పడుతున్నప్పుడు అద్ని ఎన్ని ముడులతో, క్రానులతో నేయబడిందో మీరు ఎలా గమనించరో అలాగే జరుగుతుంది అది కూడాను.

అయితే అలా గమనించకుండా ఉండడానికి అల్లిక మరీ ముతకగా ఉండకూడదు. సరిగ్గా ఆకారణం వల్లనే, వాహక సంకేతాల పౌనఃపున్యం ఎలాంటి ధ్వనికి చెందిన పౌనఃపున్యం కన్నా ఎన్నో రెట్లు ఎక్కువగా ఉండాలి. అందుకనే సెకనుకు 16 000 హెర్ట్జ్ల పౌనఃపున్యాన్ని మించని ధ్వనులకి సెకనుకు 150 000 హెర్ట్జ్లకి తక్కువకాని పౌనఃపున్యం వుండే వాహక సంకేతాలని ఎంచుకుంటారు.

అయితే ఈ రెండు సంకేతాలని కలపడం, శ్రావ్యతా పౌనఃపున్య సంకేతాన్ని వాహక సంకేతం మీద "సవారీ చేయించడం" ఎలా సాధ్యపడుతుంది?

ఎలక్ట్రానిక్స్ కి ఏదైనా కష్టమైన సమస్య ఎదురైన పతిసారీ ట్రయోడ్ ఆదు కుంటోందనే భావానికి బహుశా మీరు ఈపాటికి అలవాటుపడి ఉండాలి.



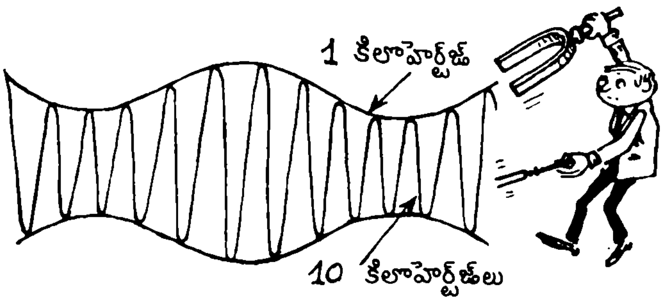
వక్రత పని ఏమిటి

ఇదీ మూలాంశం

3. 29

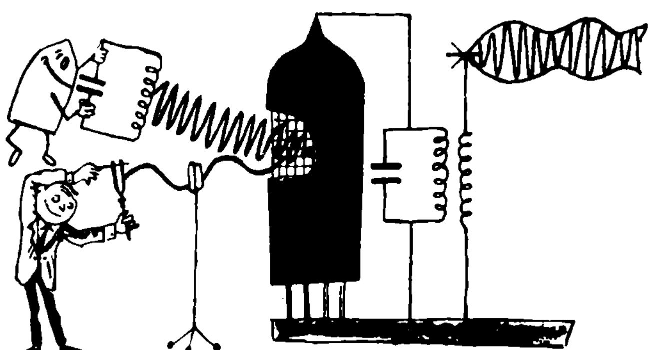
అవమందిత డోలనాల డోలన పరిమితి కాలం గడిచేకొద్దీ తగ్గుతూ వస్తుంది (3. 5). అవిచ్ఛిన్న డోలనాల డోలన పరిమితి స్థిరంగా వుంటుంది.

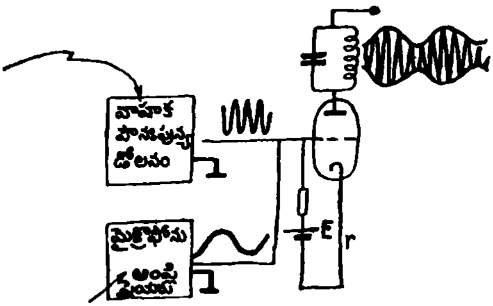
డోలన పరిమితి జ్యా వక్రీయంగా మారే విద్యుత్ డోలనాలని ఉత్పత్తి చేయడం కూడా సంభవమే. డోలనాల పౌనఃపున్యం 10 కిలోహెర్ట్జ్‌లయి, వాటి డోలన పరిమితి



ఒక కిలోహెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యంతో మారితే, అప్పుడు 10 కిలోహెర్ట్జ్‌ల సంకేతం ఒక కిలోహెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యం గల డోలన పరిమితికి మాడ్యులేట్ చేయబడింది అంటారు.

3. 30





మైక్రోఫోన్‌నుంచి పొందిన శ్రవ్యతా – పౌనఃపున్య సంకేతాన్ని డోలకం ఉత్పత్తి చేసిన వాహక సంకేతం మీదకి మాడ్యులేషన్ ద్వారా "ఎక్కించి కూర్చోపెట్టవచ్చు." రెండు సంకేతాలనీ (వాహక, మాడ్యులేట్ చేసే) ట్రయోడ్ లోని గ్రిడ్‌కి పంపుతారు.

ఇక్కడ ట్రయోడ్ 'మా డ్యు లే ట ర్' గా పనిచేస్తుంది.

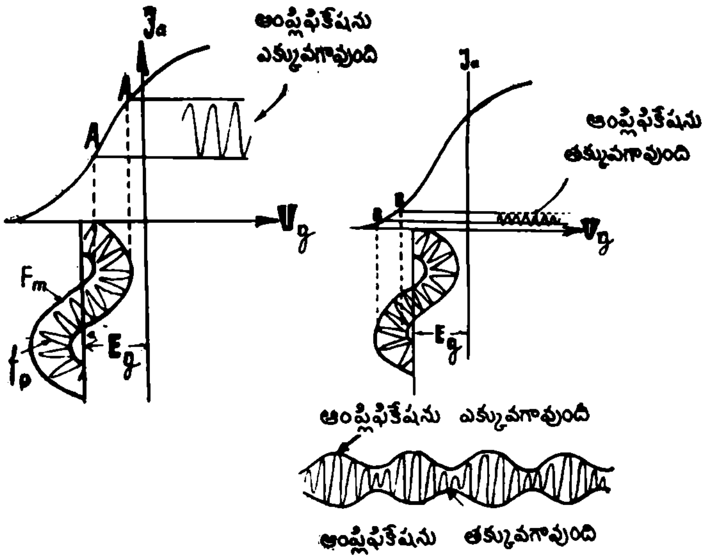
3. 31

'మాడ్యులేట్ చేయడం' అనే ప్రక్రియని అర్థంచేసుకోవాలంటే, మనం ట్రయోడ్ అభిలక్షణాలని గుర్తుకుతెచ్చుకోవాలి (1.31 – 1. 34).

రెండు ఏకాంతర సంకేతాలని – f_0 పౌనఃపున్యం గల వాహక సంకేతాన్నీ, దాని కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యం F_m గల మాడ్యులేట్‌చేసే సంకేతాన్నీ ట్రయోడ్‌లోని గ్రిడ్‌కి పంపుతారు. ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో గ్రిడ్ దగ్గరి వోల్టేజ్‌లన్నింటి (గ్రిడ్ బేటరీ E_g నుంచి డి. సి. వోల్టేజి, f_0, F_m పౌనఃపున్యాలు గల రెండు ఏకాంతర వోల్టేజిలు) మొత్తం సంకేతాలు గ్రాఫులోని *AA* భాగంలోనే పనిచేసేటంతగా ఉంటుంది.

మరొక క్షణంలో అవే సంకేతాలు *BB* భాగంలో పనిచేస్తాయి. ఈ భాగంలో డోలనాలు తక్కువగా ఆంప్లిఫై అవుతాయి. ఎందుకంటే ఈ భాగంలో వాల్వు అభిలక్షణానికి చెప్పుకోదగినంత వక్రత ఉంటుంది.

మాడ్యులేట్ చేసే సంకేతం అభిలక్షణ వక్రం మీదుగా F_m పౌనఃపున్యంతో "జారుతూ" వస్తుంది. దాని అర్థం, వర్ధనం (ఆంప్లిఫికేషన్) కూడా అదే పౌనఃపున్యంతో మారుతూ వస్తుందని. దాని ఫలితంగా వాహక సంకేతానికి చెందిన డోలన పరిమితి కూడా పౌనఃపున్యం F_mని బట్టి మారుతూ వస్తుంది. "వక్రత" అనేది లేకుండా వుంటే ఆంప్లిఫికేషన్ స్థిరంగా వుండేది. అలాగే సంకేతం డోలన పరిమితిని మాడ్యులేట్ చేయడం అసాధ్యం అయేది.

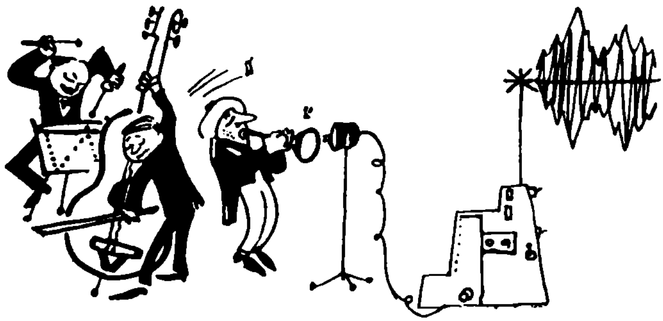


అభిలక్షణం యొక్క వక్ర భాగంలోకి, అంటే అరేఖీయ భాగంలోకి వెళ్లడం కోసం అవసరమైనంత డి. పి. వోల్టేజిని గ్రిడ్ E_g దగ్గర ప్రత్యేకించి ఎన్నుకుంటారు.



3. 32

సాధారణ జ్యా వక్రీయ సంకేతంతో మాడ్యులేట్‌చేసే ప్రక్రియని మనం పరిశీలించాం. సంగీతాన్ని గాని ఉపన్యాసాన్ని గాని ప్రసారం చేసేటప్పుడు మైక్రోఫోన్ నుంచి ఇంకా సంక్లిష్టమైన సంకేతం వస్తుంది. దాని ప్రక్రియలోని అసలు విషయంలో మార్పేమీ ఉండదు. వక్రత మూలంగా ఆంప్లిఫికేషన్ మారుతుంది. వాహక సంకేతాన్ని మనం ఒక ప్రత్యేకమైన తివాసీగా భావిస్తే, దాని మీద అల్లబడిన ''డిజైను'' సంక్లిష్ట



సంకేతంగా ఉంటుంది. అంటే సంక్లిష్ట సంకేతం వాహక సంకేతం మీద ఆధ్యారోపితమవుతుంది. ఆధ్యారోపితమయిన సంకేతం (ముడి) లోనే ఎనౌన్సర్ లేక గాయకుని గొంతో, సంగీత ధ్వనులో ఉంటాయి.

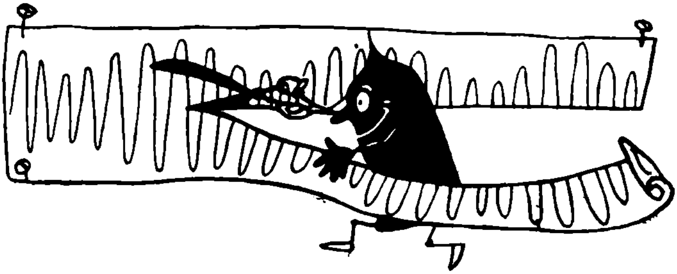
3. 33

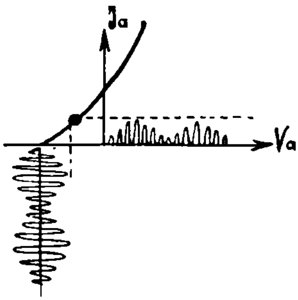
గ్రాహకంలో మాడ్యులేట్ చేయబడిన డోలన పరిమితి సంకేతం తిరిగి మార్పులకు గురవుతుంది. మాడ్యులేషన్‌కి విరుద్ధమైన ప్రక్రియకి లోనవుతుంది. వాహక సంకేతం నుంచి ధ్వని సంకేతం వేరుచేయబడుతుంది. అంటే తివాసీమీద అల్లిన డిజైనుని విడదీయడం జరుగుతుంది. అలా జరగని పక్షంలో విద్యుత్ సంకేతపు డోలనాలని ధ్వని కంపనాలుగా మార్చడం అసాధ్యమయేది. ఎందుకంటే స్పీకర్ శంకు కదలిక లేకుండా స్థిరంగా వుండి, ఎంతో జడత్వాన్ని కలిగివుంటుంది. అందువల్ల f_0 పౌనఃపున్యంతో ఉండే డోలనాలకి ఆ శంకు స్పందించలేదు.

స్పీకర్‌ని పనిచేయించాలంటే దానికి కొత్త ముడులని అంటే శ్రావ్యతా-పౌనఃపున్య సంకేతాలని మాత్రమే అందించాలి.

3. 34

ఈ ముడులని అంటే శ్రావ్యతా-పౌనఃపున్య (ధ్వని) సంకేతాలని ప్రత్యేకమైన కత్తెరలతో (శోధకాలతో – డిటెక్టర్లతో) కత్తిరిస్తారు. డిటెక్టర్‌లో ప్రధాన భాగంగా డయోడ్ పనిచేస్తుంది. ఈ పనిని డయోడ్ విజయవంతంగా నిర్వహించడానికి కారణం, దాని అభిలక్షణంలో ''వక్రత'' గల భాగం ఉండడమే. ఈ భాగంలో సంకేతంలోని కొంత భాగం కత్తిరించబడుతుంది, మిగిలిన భాగం *RC* వలయానికి అందించబడుతుంది.

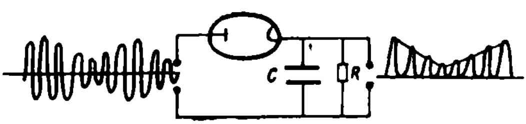




3. 35

డయోడ్ ఋణాత్మకమైన అర్ధ-ఆవర్తాలని (హాఫ్ సైకిల్స్) కత్తిరించివేస్తుంది. ధనాత్మకమైన అర్ధ-ఆవర్తాలుండే సమయంలో డయోడ్ దాని గుండా విద్యుత్తుని ప్రవహింపజేస్తుంది. ఆ విద్యుత్తు ఉద్గమనాలుగా ప్రవహిస్తూ, ఒక శిఖరాల (పీక్స్) ''దడిని (ఫెన్స్)'' ఏర్పరుస్తుంది. మొదటి శిఖరం కెపాసిటర్‌ని ఆవేశితం చేస్తుంది. తర్వాత విరామం వస్తుంది. మళ్లీ రెండో శిఖరం వచ్చే దాకా ఆ విరామం ఉంటుంది. విరామ సమయంలో కెపాసిటర్ విద్యుత్తుని ప్రసరిస్తుంది. కాని అది చాలా స్వల్పంగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే కుడి వైపున అధిక నిరోధకం, ఎడమ వైపున మూసివేయబడిన డయోడ్‌లు విద్యుత్ ప్రసరణ జరగనివ్వవు.

కెపాసిటర్‌లో వోల్టేజి, ఇంకో శిఖరం వచ్చే దాకా, దాదాపు మార్పులేకుండా స్థిరంగా ఉంటుంది.



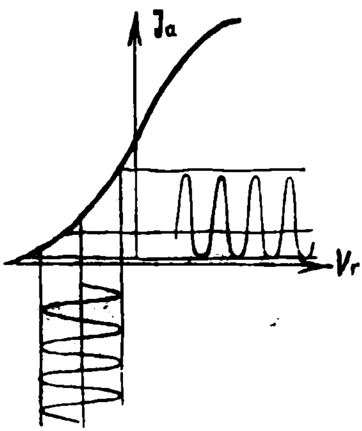
శిఖరాలకి వేర్వేరు డోలన పరిమితులున్నట్లయితే కెపాసిటర్ కూడా ప్రతి శిఖరానికి అనుగుణంగా వేర్వేరుగా ఆవేశితమవుతుంది. దీని ఫలితంగా కెపాసిటర్ మీద మంచి స్పష్టమైన శ్రావ్యతా పౌనఃపున్య సంకేతం వేరవుతుంది.

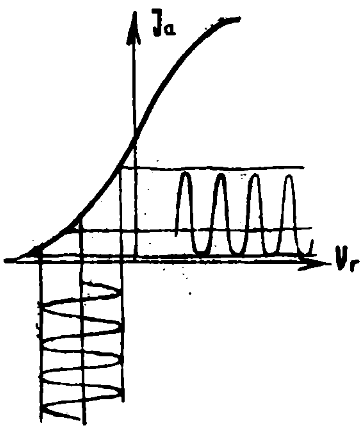
వక్రీకృత చిత్రరువు

సంకేతాలు విరూపితమవకుండా వాటిని ఆంప్లిఫై చేయాలంటే వాల్వుకి అభిలక్షణంగా వుండే వక్రంలో రేఖీయ భాగంలోకి ప్రవేశించాలి. ఈ నిబంధనని ఉల్లంఘించగానే సమమైన సైన్-తరంగానికి బదులు దాని విరూపిత చిత్రరువు మనకి లభిస్తుంది.

అప్పుడు ప్రతిబింబాలని వికృతంగా చూపించి నవ్వు పుట్టించే ప్రదర్శనశాలలోని అద్దంలా తయారవుతుంది, ఆ రేడియో వాల్వు. ప్రతిబింబంలో ఒక భాగాన్ని పెద్దది చేసి, రెండో భాగాన్ని చిన్నది చేసి ఆ అద్దం మామూలు మొహాన్ని వికృతంగా ఒక కార్టూన్‌లా నవ్వు తెప్పించేలా చూపెడుతుంది. అటువంటి అద్దాల అవసరం రోజూ ఉండదనేది స్పష్టమే. మరి తన అభిలక్షణంలో వక్ర భాగాలుండే వాల్వు సంగతేమిటి?

విరూపణ లేకుండా వాల్వు సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చెయ్యాల్సివుంటే, దాని అభిలక్షణంలో వున్న వక్ర భాగాలు కీడు తప్పించి మంచిని చెయ్యవు. అయితే, ఇతర సందర్భాలలో కీడు మాత్రమే కలిగించే ఆ ధర్మాలూ, విషయాలనాధారంగా చేయబడిన ఎన్నో ఆవిష్కరణల సంగతి ఇంజనీరింగుకి తెలును.





ఉదాహరణకి, ఘర్షణనే తీసుకుందాం. ఏ మెకానిజంలోనైనా సరే ఈ ఘర్షణని అధిగమించడానికి ఎంతో శక్తి వృధా అవుతోంది కదా! కాని అదే ఘర్షణ లేకపోతే ఇరుసులూ ఉండేవి కావు, ప్రసారాలూ ఉండేవి కావు, రోడ్లమీద టైర్ల ఘర్షణ మూలంగా వేగంగా పరిగెత్తే చిన్న కార్లూ ఉండేవి కావు.

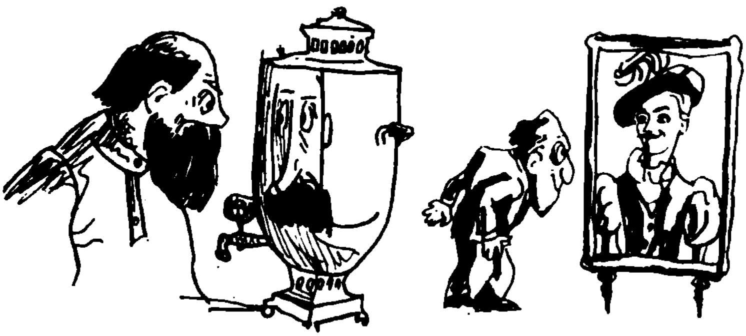
కదులుతూన్న కలయికల మధ్య దూసుకువచ్చే స్ఫులింగాలు (నిప్పు రవ్వలు) వాటిని మాడ్చేస్తాయి, సున్నితమైన పరికరాల పని తీరుని దెబ్బతీస్తాయి. అయితే ఆ విషయాన్ని కూడా మంచి కోసం వాడడం ప్రజలు తెలుసుకున్నారు. ఆ స్ఫులింగాలనే లోహం సంపాదనం (ప్రొసెసింగ్)లో వాడుతున్నారు.

గతితార్కిక సిద్ధాంతంతో అవిచ్ఛిన్నమైన సంబంధం కలిగిఉండే విషయాల ఒకే ధర్మాలు మంచినీ, కీడునీ కూడా ఎలా కలిగిస్తాయో అనేదానికి ట్రయోడ్‌ని ఒక మంచి ఉదాహరణగా తీసుకోవచ్చు.

అభిలక్షణంలోని వక్ర భాగాలు ఆంప్లిఫై చేసేటప్పుడు సంకేతాలని విరూపం చేస్తాయి. కాని ట్రయోడ్‌కి ఈ "లోపం" లేకుండా వుంటే దాని సుగుణాలు కూడా సగం మాయమైపోయుండేవి. అందుకనే భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు లూయి దె బ్రోగ్లీ ఆ ట్రయోడ్‌ని ఎంతో ప్రశంసించాడు.

వికృత ప్రతిబింబాలని చూపే అద్దాల రాజ్యం

ఇంగ్లీషు రచయిత లూయిస్ కారోల్ రాసిన అద్భుతమైన పుస్తకం ఒకటుంది. దానిపేరు "అద్భుత ప్రపంచంలో ఆలీస సాహసకృత్యాలు". చిన్న పిల్ల ఆలీస "ఒక అద్దంలో చూస్తూ" వింతైన రాజ్యంలో పడుతుంది. ఆ రాజ్యంలో చుట్టూ ఉండే నిజమైన విషయాలన్నీ వికృత ఆకృతులను చూపే అద్దాలలో ప్రతిబింబిస్తూంటాయి.

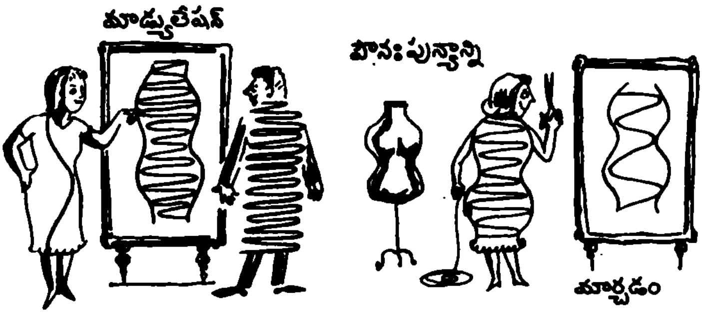


జీవితంలో ఉండే వికారమైన విషయాలన్నీ ఇక్కడ ఎంతో ఆకర్షణీయంగా కనిపిస్తాయి. పిసినిగొట్టుతనం ఉదార స్వభావంగానూ, చెడు మంచిగానూ మారిపోతాయి.

ఎల్రక్ట్రానిక్స్ కి కూడా అలాంటిదే రాజ్యం వుంది. ఈ రాజ్యంలో పై అద్దాలని పోలిన వాటిని మాత్రమే ఉపయోగిస్తుంటారు. అయితే అవి వహించే పాత్ర భిన్నంగా ఉంటుంది. అవి వికృత ప్రతిబింబాలని చూపెట్టవు, నిజాన్ని బయటపెడతాయి.

వాల్వుకి చెందిన అభిలక్షణాల్లో అరేఖీయ భాగాలే వికృత ప్రతిబింబాలనిచ్చే ఎల్రక్ట్రానిక్స్ అద్దాలు. ఆ భాగాల సహాయంతో, సంకేతాల ద్వారా అత్యవసర ప్రక్రియలని (ఆపరేషన్స్) ఎన్నిటినో జరపవచ్చు. ఉదాహరణకి, వాహక సంకేతం మీద సంగీతాన్నో లేక ఉపన్యాసాన్నో ఉంచడం, వాహక సంకేతాలనుంచి శ్రావ్యతా పౌనఃపున్యాలని వేరుచేయడం, వాహక సంకేతం మీద సమోదు చేయబడినదంతా అలాగే వుంచి దాని పౌనఃపున్యాన్ని మార్చడం మొదలైనవి.

రేడియో ద్వారా ప్రసారం అయిన సంకేతం అన్ని "అద్దాల" గుండా ప్రయాణం చేసేదాకా వినపడదు. ఒక అద్దాన్ని ప్రసారిణిలో ఉంచుతారు. దీని సహాయంతోనే తివాసీ మీద "డిజైను" వేయబడినట్టుగా వాహక సంకేతం మీద ధ్వని ఉంచబడుతుంది. ఆ ప్రక్రియనే మాడ్యులేషన్ అని అంటారు (3. 31, 3. 32).



ప్రసారక ఆన్టెనా నుంచి తివాసీ, దానిపై వేయబడిన "డిజైను"తో సహా రేడియో తరంగాల రూపంలో వికిరణం చెందుతుంది. గ్రాహక ఆన్టెనా వాటిని గ్రహిస్తుంది. అయితే నిజానికి దాన్ని గ్రహించే చోట సంకేతం చాలా బలహీనంగా ఉంటుంది. అయితే ప్రమాదం ఏమీ లేదు, కాని ఆ సంకేతాన్ని మాత్రం ఆంప్లిఫై చేయాల్సిఉంటుంది.

ప్రధానమైన విషయం ఏమిటంటే, సంకేతాన్ని విరూపం చేయకూడదు. అందువల్ల అభిలక్షణంలోని రేఖీయ భాగంలో తివాసీ, దాని ఎంబ్రాయిడరీ — ఈ రెండింటినీ కలిపి ఏకకాలంలో ఆంప్లిఫై చేస్తారు.

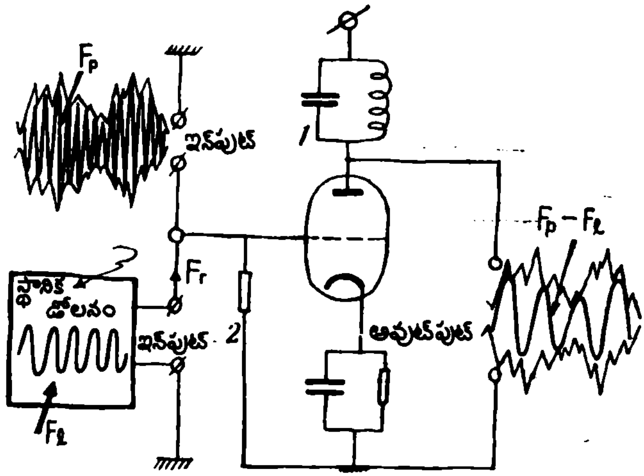
అయితే ఆ పద్ధతిలో బలహీనమైన సంకేతాలని తగిన స్థాయికి ఆంప్లిఫై చేయడం సాధ్యపడదు. ఎందుకంటే ఆంప్లిఫై చేయబడిన సంకేతపు శక్తిలో కొంత భాగం ఉమ్మడి శక్తి జనకం గుండా ఆంప్లిఫైయర్ వివేశాన్ని (ఇన్‌పుట్) తప్పనిసరిగా చేరుతుంది. ఆ ఉమ్మడి శక్తి జనకానికే వాల్వులోని ఆనోడ్‌లన్నీ కలపబడివుంటాయి. అంటే, ఆఖరి ఆంప్లిఫైయర్ వాల్వు ఆనోడ్ నుంచి సంకేతంలో కొంత భాగం మొదటి ఆంప్లిఫైయర్ దశ గ్రిడ్‌కి తిరిగివస్తుంది. అప్పుడు మొత్తం ఆంప్లిఫైయర్ అంతా పారసైటిక్ ఫీడ్‌బాక్‌తో నిండిపోతుంది (3. 28). అప్పుడేమవుతుందో మనం ఇంతకుముందే చెప్పుకున్నాం. ఈ ఫీడ్‌బాక్ ధర్మమూ అవే శృతి చేసిన వలయంలో అవిచ్ఛిన్న కంపనాలని నిలబెడుతూ, అవిచ్ఛిన్న సంకేతాన్ని విడుదల చేయగలుగుతాం.

గతితార్కిక సిద్ధాంతానికి ఇంకో ఉదాహరణ: డోలకం ఫీడ్‌బాక్ లేకుండా పనిచే యలేదు. ఆంప్లిఫైయర్‌లో అదే ఫీడ్‌బాక్ కీడుని కలిగిస్తుంది. ఆంప్లిఫైయర్లకి రూపకల్పన చేసేటప్పుడు, సంకేతం వెనుదిరిగి రాకుండా అడ్డుపడడానికి ఇంజనీర్లు ఎంత కృషిచేసినా ఆ సంకేతం తప్పకుండా వివేశాన్ని వచ్చి చేరుతుంది.

తీవ్రంగా ఆంప్లిఫై చేసేటప్పుడు ఆంప్లిఫైయర్ ఉత్పాదనం (అవుట్‌పుట్) దగ్గర సంకేతానికి శక్తి ఎంతో ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఆ శక్తిలో అతి చిన్న భాగం పారసైటిక్ ఫీడ్‌బాక్ వలయాల గుండా వెనుదిరిగి ఆంప్లిఫైయర్ వివేశాన్ని చేరినా, అది తిరిగి ఆంప్లిఫై చేయబడుతుంది. ఆంప్లిఫైయర్ తన సహజ పౌనఃపున్యంతో కంపించడం ప్రారంభిస్తుంది. అప్పుడు ఆన్టెనా నుంచి వచ్చే బలహీనమైన సంకేతం, ఆంప్లిఫైయర్‌లోని సహజ కంపనాలలో మునిగిపోతుంది. అప్పుడు గ్రాహకంలో మనకి వినిపించేదల్లా చెవులు చిల్లుపడేలా చేసే ఈల మాత్రమే.

అటువంటివి జరగకుండా చూడడానికి దశల వారీగా ఆంప్లిఫై చేయాల్సివస్తుంది. అలాగే ప్రతి దశలోనూ "అద్దాలని" ఉపయోగిస్తారు.

మొదటి దశ – అత్యధిక పౌనఃపున్యాల (రేడియో పౌనఃపున్యాల) దగ్గర ఆంప్లిఫై చేయడం. తర్వాత మొదటి విరూపణ వస్తుంది. దీని ప్రకారం అత్యధిక పౌనఃపున్యం మధ్యస్థ పౌనఃపున్యంగా మారుతుంది. ఇది కింద వివరించిన రీతిలో జరుగుతుంది. ఆన్టెనా నుంచి వస్తున్న సంకేతం, అంతర్గత డోలకపు సంకేతాలు రెండింటినీ ఏకకా లంలో వాల్వు అభిలక్షణంలోని అరేఖీయ భాగానికి పంపుతారు. అటువంటి డోలకాన్ని స్థానిక డోలకం అంటారు. వాహక పౌనఃపున్యం F_pకి, స్థానిక డోలకపు పౌనః పున్యం F_lకి సమానం. రూపాంతరీకరణ (కన్వెర్టర్) వాల్వుకి చెందిన ఆనోడ్ వలయంలో చేర్చబడిన డోలన వలయపు సామర్థ్యం, ప్రేరకతలు డోలాయమాన వలయపు సహజ పౌనఃపున్యానికి అంటే $F_p - F_l$ల మధ్య తేడాకి సమానంగా వుండేలా చూస్తారు.



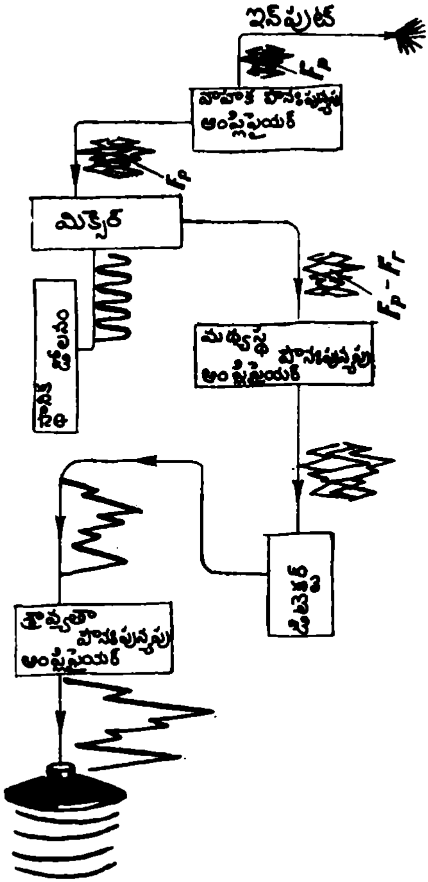
రూపాంతరీకరణ వాల్వ్‌కి చెందిన డోలాయమాన వలయంలో ''పౌనఃపున్యాల తేడా''కి సమమైన సంకేతాన్ని వేరుచేస్తారు. వాహక సంకేతంచే తీసుకురాబడిన ''డిజైను''పై సంకేతం మీద ఇంకా చెక్కుచెదరకుండానే ఉంటుంది. వికృత ప్రతిబింబాన్నిచ్చే అద్దం ఆ ''డిజైను'' స్వరూపాన్ని ఇంకా మార్చలేదు. కానయితే ఆ ''డిజైను'' వున్న తివాసీ కొంచెం స్పష్టమవుతుంది.

అప్పుడు రెండవ ఆంప్లిఫికేషన్ దశ వస్తుంది. ఇందులో మధ్యస్థ పౌనఃపున్యంలోని సంకేతం ఆంప్లిఫై చేయబడుతుంది. ఇక్కడ వికృత ప్రతిబింబాన్నిచ్చే అద్దం ఇంకోటి ఉంటుంది. దీన్నే డిటెక్టర్ వాల్వు అంటారు. ఇక్కడే ''డిజైను'' తివాసీ నుంచి వేరుచేయబడుతుంది (3. 34, 3. 35).

''డిజైనుని'' స్పీకర్‌కి పంపే ముందు, దాన్ని ఇంకోసారి ఆంప్లిఫై చేయాలి. ఇదే మూడవ ఆంప్లిఫికేషన్ దశ.

మీ గదిలో వుండే రేడియో గ్రాహకం (రిసీవర్)లో సంకేతం పైన పేర్కొన్న దశలన్నింటి ద్వారా వెళ్తుంది.

వికృత ప్రతిబింబాలనిచ్చే అద్దాల ప్రపంచంలో గ్రాహకం ఒక్క భాగం మాత్రమే. అనేక సమస్యల్లో అది ఒక్కదాన్నే పరిష్కరిస్తోంది. ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధికి తొలి ఊపునిచ్చినవి రేడియో ప్రసార కేంద్రాలూ, రేడియో సెట్లూ అన్నమాట వాస్తవమే. కాని ప్రస్తుత కాలంలో ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని రకరకాలుగా ఉపయోగించుకుంటున్న అనేక విభిన్న శాఖల్లో రేడియో ప్రసారం ఒక చిన్న విభాగం మాత్రమే. అన్ని శాఖల్లోనూ కూడా



“వికృత ప్రతిబింబాల నిచ్చే అద్దాలు” లేకుండా పనిజరిగే శాఖ ఒక్కటి కూడా లేదు. అంటే సంకేతాల అరేఖీయ రూపాంతరణం — మాడ్యులేషన్, శోధకం, పౌనఃపున్య రూపాంతరీకరణం లేని శాఖ ఏదీ లేదన్నమాట. మాడ్యులేషన్ ద్వారా వాహక సంకేతం మీద సంగీతాన్నో, మనిషి గొంతునో నమోదు చేయడం ఒక్కటే కాకుండా, ఏ రకం సమాచారాన్ని ప్రసారం చేయవల్సివచ్చినా దాన్ని కూడా నమోదు చేయవచ్చు. ఈ సమాచారంలో వికిరణ తీవ్రతో, అంతరిక్ష నౌక గదిలోని ఉష్ణోగ్రతో లేక పీడనమో ఏదైనా ఉండవచ్చు. అటువంటి సమాచారాన్ని మాటల రూపంలో ప్రసారం చెయ్యరు. ప్రత్యేకమైన సెన్సర్లు, వికిరణం, ఉష్ణోగ్రత, పీడనాలని తగిన సంకేతంగా మారుస్తాయి.

గుర్తించడం



సంకేతాన్ని మాడ్యులేటర్‌కి పంపుతారు. దాని ఫలితంగా మనకి తెలిసిన చిత్రం— డిజైనున్న తివాసీ అవతరిస్తుంది.

వాహక సంకేతం మీద మోర్స్ కోడ్ లేదా ప్రత్యేకమైన, సాంప్రదాయక కోడ్ అధ్యారోపితమై వుండవచ్చు. రాడార్ కేంద్రంలో మాడ్యులేషన్ హ్రస్వ స్పందనాలని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. అది వాహక సంకేతం మీద "సవారీ చేస్తూ" లక్ష్యాన్ని (ఉదాహరణకి, శత్రువిమానం) చేరుతుంది. తర్వాత అక్కడి నుంచి అది వెనక్కి తిరిగి వచ్చి శత్రువు సరిగ్గా ఎక్కడున్నదీ, ప్రమాదం ఎంతకాలంలో వచ్చేదీ హెచ్చరిస్తుంది. ఆవిధంగా స్పందన మాడ్యులేషన్ ధర్మమా అని "బంగారు కోడి పుంజు" అనే రష్యన్ జానపద కథలోని కోడిపుంజు కుండే అద్భుత శక్తులన్నీ రాడార్ కేంద్రాలకి కూడా ఉంటున్నాయి.

మరి చిత్రాలని ప్రసారం చేయడం మాటేమిటి? గతంలో ఎప్పుడో దాని గురించి కూడా కథలు చెప్పుకొనే వారు. ఆ కథల్లోని మాంత్రిక ఉంగరాలూ, యాపిల్ పళ్ళూ, మంత్ర కమండలాలూ, మంత్ర దర్పణాలూ అవన్నీ మీకు గుర్తున్నాయా? ఆ మాంత్రిక సాధనాల సహాయంతోనే సప్త సముద్రాలూ, పర్వతాల అవతల సుదూర ప్రాంతాలలో జరిగేదంతటినీ చూడటం సాధ్యపడేది.

ఇంతా చేస్తే అదంతా ఎంతో తేలికైన విషయమే. అద్దం మాంత్రికమైనది కావలసిన పనే లేదు. టెలివిజన్ పైనుండే తెరే ఆ అద్దంలా పనిచేస్తుంది. కాని సుదూర సంఘటనల ప్రతిబింబం టెలివిజన్ తెరకి చేరే ముందు అది కూడా "ఎలక్ట్రానిక్ అద్దాల" ద్వారా వాహక సంకేతంపై నమోదు చేయబడుండాలి.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో మాడ్యులేషన్ ప్రక్రియ ఎటువంటి అమోఘమైన పాత్ర వహిం చాల్సి వచ్చిందో చూశారా! దాని సహాయంతోనే జానపద గాథల్లోని ఎన్నో కాల్పనిక విష యాలని నిజంచేయడం సాధ్యపడింది.

ఇదివరకు ప్రత్యేకించి మంత్రగాళ్లు మాత్రమే సాధించిన విషయాలని ఈనాడు ఎలక్ట్రానిక్సు, వికృత ప్రతిబింబాలనిచ్చే దాని మాంత్రిక దర్పణాల సహాయంతో సాధిం చడం జరుగుతోంది.

అయనావరణం, బిలియార్డ్సు

యూరపులో పలికిన మాటని రేడియో సహాయంతో ఆస్ట్రేలియాలోనూ, అమెరికాలోనూ వినవచ్చు. అయితే మాస్కోలోని స్టేడియం నుంచి ప్రసారం చేసిన ఆటని, మాస్కో దాటి ఒక 150 కిలోమీటర్లు వెళ్లితే చూడలేం. కారణం ఏమిటి?

మొట్టమొదటి సారిగా చంద్రుడి ఉపరితలాన్ని చూడటం టెలివిజన్ ద్వారానే సంభవమైంది. మనకీ, చంద్రుడి ఉపరితలానికీ మధ్య దూరం 384 000 కిలోమీటర్లని మీకు తెలుసు.

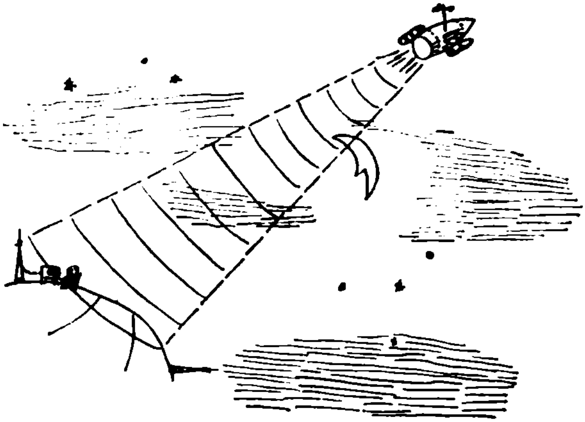
దాన్నిబట్టి, టెలివిజన్ సహాయంతో భూమి మీద వార్తా ప్రసారాలని పంపడం కంటే అంతరిక్షంలోకి తొంగి చూడటం తేలికని తేలుతోంది. మరి దీన్నెలా వివరించడం?

ఆ ప్రశ్నకి విపుణుడు ఎంతో సంగ్రహమైన జవాబునిస్తాడు. టెలివిజన్ సంకేతాలని దృశా లేక క్షితిజ వ్యాప్తిని దాటి పంపలేమని అంటాడు.

దృశా వ్యాప్తి (ఆప్టికల్ రేంజ్) అనే పదం నిర్దిష్టమైనదీ, కచ్చితమైనదీనూ. ఒకటి ప్రసారం చేసే సంకేతాలని రెండోది గ్రహించాలంటే ఆ రెండు టెలివిజన్ ఆన్టెనాలూ ఒకదానికొకటి కనబడుతూ ఉండాలి. గ్రాహక ఆన్టెనాని క్షితిజం దగ్గర కనిపించకుండా దాచేస్తే చాలు, వార్తా ప్రసారం వెంటనే ఆగిపోతుంది. టెలివిజన్‌కి క్షితిజం దాటరాని గీతలాంటిది. అంతరిక్షంలో క్షితిజం అంటూ లేదు. అంతరిక్షంలో దృశా వ్యాప్తికి అవధుల్లేవు. మిలియార్డుల కాంతి సంవత్సరాల దూరం చూడాలనుకుంటే చూడవచ్చు. అక్కడ మీకు ఏమైనా కన్పిస్తుందా లేదా అనేది వేరే విషయం. అయితే సంకేతానికి మార్గం సుగమం. ఏ నక్షత్రమూ అడ్డురాకుండా వుంటే అంతరిక్ష నౌకతో టెలివిజన్ ప్రసార సంబంధాలని నిలుపుకోవచ్చు. అయితే భూమి మీద ఆ వ్యవహారం భిన్నంగా ఉంటుంది. భూమి మీద భూమే అడ్డం వస్తుంది.

సరే, అయితే ప్రస్తుతానికి అంతరిక్షాన్ని వదిలి భూమి మీదకి దిగివచ్చి ఒక కొత్త ప్రశ్న వేసుకుందాం. మరలా అయితే ప్రసారం చేయబడిన మాట ఇంకో ఖండం ఎలా ప్రయాణం చేస్తోంది? ఈ సందర్భంలో, భూమి గోళాకారం, రేడియో తరంగాలకి ఎటువంటి ఇబ్బందినీ ఎందుకు కలిగించడం లేదు?

ఓ నలభై ఐదేళ్ల క్రితం విజ్ఞానశాస్త్రానికి ఇదొక అంతు చిక్కని విషయం. ముందు ఎలక్ట్రానిక్స్ (రేడియో అంటే మంచిది) దీర్ఘ తరంగాలతో (800 నుంచి 3000 మీటర్ల వరకు) పనికానిచ్చేది. ఆ తరంగాలు భూ ఉపరితలాన్ని చుట్టేవచ్చే సామర్థ్యాన్ని కలిగివుండి చాలా దూరాలే వార్తలని తీసుకువెళ్లేవి. అయితే అవి మొత్తం



భూ గోళం చుట్టూ తిరిగి రాలేకపోయేవి. అందుకనే ఆస్ట్రేలియాకీ, అమెరికా లేక యూరపుకీ మధ్య వార్తా ప్రసారాలకి అవి పనికివచ్చేవి కావు.

అప్పటికే మనకి హ్రస్వ తరంగాల (10 నుంచి 100 మీటర్ల వరకు) సంగతి కూడా తెలుసు. అవి సరళ రేఖల్లాగా ప్రయాణం చేయడం వల్లనూ, సంగి గుండ్రటి భూమి చుట్టూ తిరగలేక పోవటం వల్లనూ, హ్రస్వ తరంగాలు దృశ్య వ్యాప్తిని దాటి వెళ్ళలేవని భావించేవారు. అందుకనే వీటిని ఎంతో అపాకర్యమైన తరంగాల జాబితాలో చేర్చి హ్రస్వ తరంగాలతో పనిచేసే కేంద్రాలని నిర్మించలేదు. పైగా ఆ వ్యాప్తిలో వుండే తరంగాలని రేడియో ఔత్సాహికులకి వదిలేశారు కూడానూ. ఆరోజుల్లో కూడా రేడియో ఔత్సాహికులు అనేకమంది వుండేవారు.

అకస్మాత్తుగా ఓ సంఘటన నిపుణులను కలవరపెట్టింది. ఔత్సాహిక రేడియో కేంద్రాల సహాయంతో భూమి మీద ఏ మారుమూలలోనైనా రేడియో సంబంధాలని ఏర్పరుచుకోవచ్చునని తేలింది. ఒక 20 వాట్ల బల్బుని మించకుండా విద్యుచ్ఛక్తిని ఉపయోగించుకునే ఆ చిన్న ప్రసారిణులు, ఎన్నో కిలోవాట్ల శక్తిని వినియోగించుకునే దీర్ఘ తరంగాల కేంద్రాల కంటే ఎక్కువ దూరం సంకేతాలని పంపాయి.

అంతేకాదు, అవే చిన్న ప్రసారిణులు ఓ రెండు వందల కిలోమీటర్ల దూరంలో వినిపించగలిగేవి కావు. కొంచెం దూరం ప్రయాణం చేసి "అలిసిపోయి నశించిపోయిన" ఆ సంకేతం వేల కిలోమీటర్ల దూరంలో తిరిగి తల ఎత్తుతోందా అన్నట్లు అనిపించేది.

ఈ చిక్కుముడిని విప్పడం అసాధ్యమేమో అన్పించింది.

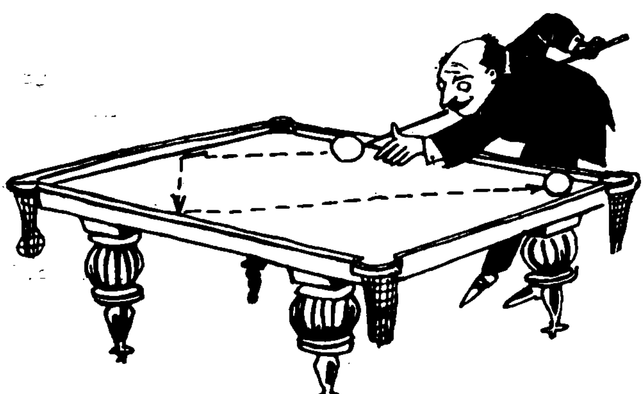
అటువంటి చిక్కుముళ్ళని విప్పడంలో అసాధ్యుడు, సోవియట్ శాస్త్రజ్ఞుడు ఎమ్. షులెయ్‌కిన్. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధకాలంలో జర్మన్ రేడియో కేంద్రాలు ప్రసారం

చేసిన అవిచ్ఛిన్న వికిరణాల రహస్యాన్ని షులెయ్‌కిన్ ఎలా భేదించాడో, మీకు గుర్తుండే ఉంటుంది.

హ్రస్వ రేడియో తరంగాల వింత ప్రవర్తనకి షులెయ్‌కిన్ ఎంతో కచ్చితమైన వివరణని యిచ్చాడు. భూ ఉపరితలం మీద ప్రయాణం చేస్తూ హ్రస్వ తరంగాలు ఎంతో తొందరగా తమ శక్తిని కోల్పోతాయని ఆయన లెక్కగట్టాడు. ఎందుకంటే భూ ఉపరితలం మీది గట్టి పొర దీర్ఘ తరంగాల కన్న హ్రస్వ తరంగాలని ఎంతో తీవ్రంగా శోషణం చేసుకుంటుంది. ఒకవేళ కేంద్రం ఎంతో శక్తివంతమైన హ్రస్వ తరంగ సంకేతాన్ని ఉత్పత్తి చేసినా అవి భూమి మీద అట్టే దూరం వెళ్లలేవు. ఎందుకంటే హ్రస్వ తరంగాలు వంగి భూమి చుట్టూ ప్రయాణం చేయలేవు. అంటే, అన్ని సంద ర్భాల్లోనూ వాటికి క్షితిజం అవధిగా వుంటుందన్నమాట.

కాని దూర ప్రయాణాలు చేయడంలో హ్రస్వ తరంగాలకి ప్రకృతి ఇంకో వరం ప్రసాదించింది.

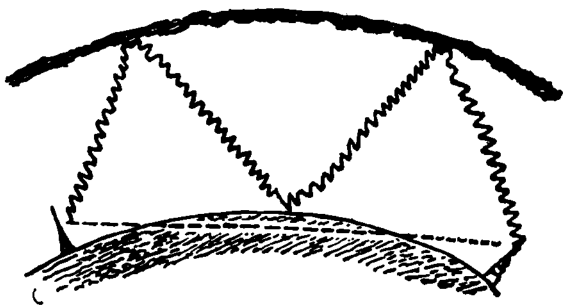
సౌర వికిరణం, ఉల్కాపాతాల ప్రభావంతో భూ వాతావరణపు పై భాగంలో అయనీకృతమైన పొర ఏర్పడుతుంది. ఆ పొరలో తటస్థ వాయు అణువులు అయాన్లు గానూ, ఎలక్ట్రాన్‌లుగానూ విడిపోతాయి. ఆవేశ పూరితమైన కణాలు ఆ పొరలో తొక్కి సలాడుతూ వుంటాయి. సరిగ్గా ఒక అద్దం నుంచి కాంతి కిరణాలు పరావర్తనం చెం దినట్లూ, లేదా, ఒక అడ్డంకి నుంచి ధ్వని పరావర్తనం చెందినట్లూ హ్రస్వ తరంగాలు (10 నుంచి 100 మీటర్లు) ఆ పొర నుంచి పరావర్తనం చెందుతాయి. అలాగే ఈ పొరని బిలియార్డ్స్ టేబుల్ అంచులతో కూడా పోల్చవచ్చు. బిలియార్డు ఆటగాళ్ళు బల్ల అంచుని ఎలా ఉపయోగించు కుంటారో, అలాగే ఆ పొరని వార్తా సంబంధాల



నిపుణులు ఉపయోగించుకుంటారు. రంధ్రంలోకి బాలు తిన్నగా వెళ్ళని పక్షంలో దాన్ని ఒక అంచునుంచి మరో అంచుకు కొట్టి రంధ్రంలో పడేలా చేయవచ్చు.

ఎక్కడో దూరాన వున్న కేంద్రాలు ప్రసారం చేసే హ్రస్వ తరంగ సంకేతాలు కూడా అలాగే తిరిగివస్తూ మీ రేడియోలని చేరుతాయి. ఎందుకంటే భూమి కూడా ఒక విధంగా బిలియార్డ్స్ బల్ల అంచులాంటిదే.

ఒకవేళ ఒక కేంద్రానికి 200 కిలోమీటర్ల దూరంలో రేడియో వున్న సందర్భంలో దాని దగ్గరికి ఏ రకం తరంగం రాదు. ఉపరితలం మీద ప్రయాణం చేసే తరంగాల మార్గాన్ని క్షితిజం ఆపేస్తుంది. తగిలి వెనక్కి తిరిగి వచ్చేలా చేయడమూ సాధ్యంకాదు. ఎందుకంటే దానికి 200 కిలోమీటర్ల దూరం చాలా తక్కువ. పతన కోణం, పరావర్తన కోణానికి సమానమని అందరికీ తెలుసు. పరావర్తనం చెందిన (లేక ఆకాశ) తరంగం తిరిగి 200 కిలోమీటర్ల దూరంలోవున్న రేడియో గ్రాహకాన్ని చేరాలంటే



ఆ తరంగాన్ని అయనావరణంలోకి దాదాపు నిలువుగా పంపాల్సి వస్తుంది. అయితే అప్పుడు తరంగం వాతావరణంలోని అయనీకృతమైన పొరని చీల్చుకుని భూమిని పూర్తిగా వది లేసి అంతరాళంలోకి వెళ్ళిపోతుంది. ఆవిధంగా కొంత వ్యాసార్ధంలో రేడియో స్టేషన్ చుట్టూ భూ ఉపరితలం మీద "అంధ (నిశ్శబ్ద) మండలం" ఏర్పడుతుంది.

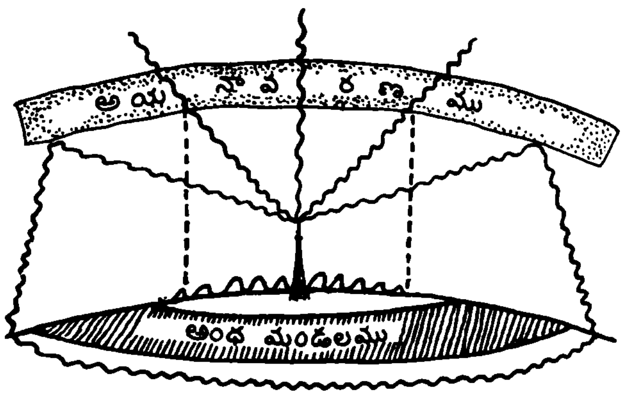
తిన్నగా వెళ్ళే (లేక భూ) తరంగాలు రేడియో కేంద్ర పరిసరాల్లోనే వినిపిస్తాయి. వాలు తరంగాలు అంటే పరావర్తనం చెందిన తరంగాలు చాలా ఎక్కువ దూరాల్లో తిరిగి భూమికి వచ్చి చేరుతాయి. అయితే రేడియో కేంద్రానికి అట్టే దూరమూ కాకుండా దగ్గరా కాకుండా ఉన్న "అంధ మండాలా"న్ని తిన్నగా వచ్చే తరంగాలూ చేరవు, పరావర్తనం చెంది వచ్చే తరంగాలూ చేరవు.

దూర ప్రసారానికి హ్రస్వ తరంగం పనికిరాదనే అపోహ ఏర్పడటానికి పై విషయమే కారణం. "అంధ మండలం"లో సంకేతం మాయమైపోయి చాలా దూరంలో తిరిగి తలఎత్తడాన్ని వివరించడం అంత తేలికైన విషయమేమీ కాదు.

ఏ రకం తరంగాల మీదైనా అయనావరణ ప్రభావం ఎలా ఉంటుందో అధ్యయనం చేయబడింది. 100 నుంచి 1000 మీటర్ల దాకా ఉన్న తరంగాలు (మధ్యమ తరంగాలని పిలవబడేవి) అయనావరణం చేత రాత్రిపూట మాత్రమే బాగా పరావర్తనం చేయబడతాయి. పగటిపూట అయనావరణం సంఘటన మారిపోతుంది. ఈ పౌనఃపున్య వ్యాప్తితో నమ్మకమైన వార్తా సంబంధాలని ఏర్పరచడానికి పరావర్తనం చెందిన శక్తి సరిపోదు. ఎక్కడో అతి దూరాల్లో వున్న రేడియో కేంద్రాలని వినేవాళ్ళు మధ్యమ తరంగాల ఈ ప్రత్యేకతని గమనించే వుంటారు.

దీర్ఘ తరంగాలని (1000 మీటర్లకి పైన వుండేవి) అయనావరణం రాత్రీ, పగలూ కూడా పరావర్తనం చెందించదు.

అతి హ్రస్వ తరంగాల (అల్ట్రా షార్ట్ వేవ్స్ – 10 మీటర్లు అంతకు లోపు) సంగతి వచ్చేసరికల్లా, వీటికి బల్లెడ ఎటువంటి అడ్డంకో వీటికి అయనావరణం అటు



వంటి అడ్డంకే. వాటి శక్తి అంతా అయనీకృతమైన పొర గుండా దూసుకుపోతుందే కాని పరావర్తనం చెంది వెనక్కి తిరిగి రాదు. టెలివిజన్‌లో వాహక సంకేతం అతి హ్రస్వ తరంగ సంకేతం. అది అయనావరణం నుంచి పరావర్తనం చెంది వెనక్కి తిరిగి రాదు. అందుకనే టెలివిజన్ల ఆన్టెనాలు "ఒకదానికొకటి కనబడుతూ" ఉండి తీరాలి.

మరయితే టెలివిజన్‌ని అభివృద్ధిచేసేవారు అన్నింటికన్నా అసౌకర్యంగా వుండే ఈ తరంగాల్నే ఎందుకు ఎంచుకున్నారు?

ఎందుకంటే, అతి హ్రస్వ తరంగాలే టెలివిజన్‌కి వాహకాలుగా పనిచేయగలవు. దృగ్గోచర ప్రతిబింబాన్ని కలిగి వుండే సంక్లిష్టమైన "డిజైను"ని గ్రాహకానికి అవి మాత్రమే చేరవేయగలవు. టెలివిజన్‌కి సంబంధించినంత వరకు యాదృచ్ఛికమైన

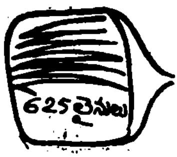
విషయమేమీ లేదు. ఎన్నో ఏళ్ల కష్టమైన శ్రమ ఫలితమే టెలివిజన్. చిత్రపు గొట్టాల డిజైను, కంటికగుపడే ప్రతిబింబాలని పొందే పద్ధతులు, వాహక తరంగాల పొడవు వీటన్నిటినీ నిర్ణయించడానికి ఎన్నో ఏళ్ళు పట్టింది. ఇవన్నీ కూడా ఒకదానిమీద మరొకటి ఆధారపడి వుంటాయి. వాహక తరంగాల్ని ఎంచుకోవాలంటే, టెలివిజన్ ప్రతిబింబం ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాల సహాయంతో ఎలా రూపొందించబడుతుందో కచ్చితంగా తెలిసి వుండాలి.

ఇలా ఏర్పడుతుంది ప్రతిబింబం

ఇదీ మూలాంశం

3. 36

టెలివిజన్ తెర మీద బొమ్మని జాగ్రత్తగా పరిశీలించినట్లయితే ఆ బొమ్మలో ఎన్నో అడ్డ గీతలు ఉన్నట్లు గమనిస్తారు. ప్రతీ బొమ్మ ఫ్రేములోనూ ఆ గీతలు సరిగ్గా 625 వుంటాయి.



గీతల వెంబడి కిరణపుంజపు కదలిక మనం పుస్తకం చదువుతున్నప్పుడు కళ్ల కదలికని పోలివుంటుంది. గీత వెంబడి ఎడమ నుంచి కుడి వైపుకి చివరి దాకా ప్రయాణం చేసి కిరణపుంజం వెన్వెంటనే తిరిగి తర్వాత గీత మొదటికి వస్తుంది. ఒక సెకనులో 25వ వంతు కాలంలో కిరణపుంజం తెర మీద 625 గీతలు గీస్తుంది. అది ఒక బొమ్మ అవుతుంది. మరో 1/25 వ సెకను కాలంలో కిరణపుంజం ఇంకో బొమ్మని గీస్తుంది. ప్రతీ సెకనుకీ సరిగ్గా 25 బొమ్మలు చిత్రించబడతాయి.

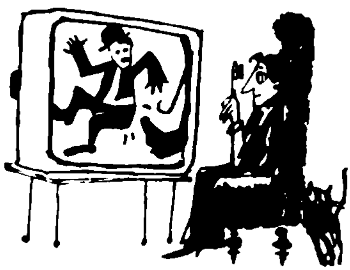
3. 37

ఒక బొమ్మ ఫ్రేములో ఎన్ని గీతలుండాలి, ఒక సెకనులో ఎన్ని బొమ్మలు వుండాలి, అనే విషయాలని యాదృచ్ఛికంగా ఏమీ ఎన్నుకోలేదు. దృష్టి స్థిరత (పెర్సిస్టెన్స్), పృథక్కరణం (రిసొల్యూషన్) అని మన దృష్టికి వుండే ఆ రెండు ధర్మాలనీ పరిగణనలోకి తీసుకున్నారు. కంటి రెటీనా అప్పుడే చూసిన బొమ్మ రూపురేఖలని కొంతకాలం ఉంచుకోగలుగుతుంది. కంటికుండే ఆ సామర్థ్యాన్నే దృష్టి స్థిరత అంటారు. గమనించబడిన వస్తువు మన దృష్టి క్షేత్రం నుంచి అదృశ్యమైపోవచ్చు. కాని దృష్టి స్థిరత మూలంగా ఆ బొమ్మ కంటి రెటీనా మీద 1/15 వ సెకను కాలం ఉంటుంది.

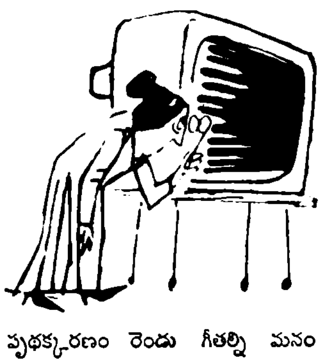
టెలివిజన్ బొమ్మలు సెకనుకి 15సార్లు కంటే నెమ్మదిగా మారినప్పుడు తెర మీద రెండో బొమ్మ వచ్చే లోపలే మొదటి బొమ్మ మాయమైపోతుంది. అప్పుడు అలా బొమ్మలు మారడాన్ని కన్ను నమోదు చేస్తుంది. అలాంటప్పుడు చూసేవాడి కళ్లు చెదిరిపోతాయి.

దానికితోడు, సాధారణంగా తెర మీద బొమ్మ ఎప్పుడూ కదుల్తూనే వుంటుందని గుర్తుంచుకోవాలి. తెర మీద ఒక బొమ్మ నుంచి మరో బొమ్మకి ఒక వస్తువు మనకి తెలిసేలా కదిలితే అప్పుడు అది అంతా ఒక వరుసలో కుదుపులతో వచ్చే చిత్రంగా కనపడుతుంది.

పాతకాలపు సినిమాల్లో (చలన చిత్రాల్లో) మనుష్యులు ఎంత తమాషాగా నవ్వు పుట్టించేలా కదులుతూ వుండేవారో మీరు చూసేవుంటారు. దానికి కారణం ఆరోజుల్లో సెకనుకు మారే బొమ్మల సంఖ్య బాగా తక్కువగా వుండటమే. ఆ సంఖ్య 16 వుండేది. అటువంటి విచిత్రమైన కదలికలు కనబడకుండా చేయడం కోసం టెలివిజన్‌లో సెకనుకు మారే బొమ్మల సంఖ్యని 25కి పెంచారు.



3. 38



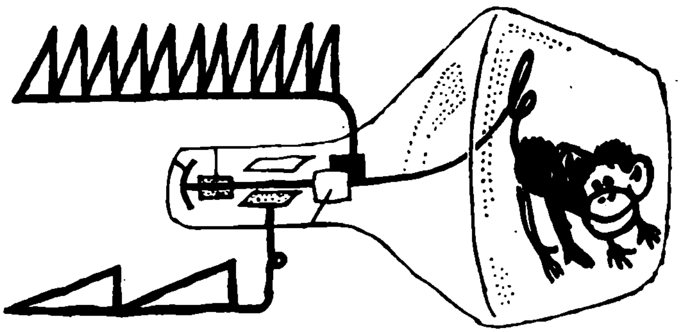
తెరకి ఒక మీటరు దూరంలో కూర్చున్న వ్యక్తికి ప్రతీ గీతా విడివిడిగా కనిపించకుండా వుండేలా ఒక బొమ్మ ఫ్రేములో విడి గీతల మధ్య దూరాన్ని ఎంచుకున్నారు. మొత్తం బొమ్మని ఒక వ్యక్తి 10 డిగ్రీల కోణంలో చూస్తాడు. అంటే 600 కోణీయ నిముషా లన్న మాట. దృశా కోణం ఒక నిముషం కంటే ఎక్కువగా వుంటే మన కంటి పృథక్కరణం రెండు గీతల్ని మనం విడి విడిగా చూసేలా చేస్తుంది. ఒక బొమ్మ ఫ్రేములోని గీతలన్నీ కలిసి ఒకటవ్వాలంటే కనీసం:

$600'/1'=600$ గీతలుండాలి.

వాస్తవంలో ఆ గీతలు 625 వుంటాయి.

3. 39

గీతల వెంబడి కిరణపుంజం పరుగెత్తేలా చేయడం ఎలాగో మనకి తెలుసు. క్షితి జసమాంతరంగా వంచే ప్లేట్లకి (ఒకటవ అధ్యాయంలో ''అదృశ్య పదార్థాల జాడలు,'' ''దాదాపు చిక్కు ప్రశ్నల పుస్తకంలోలాగానే'' అనే భాగాలని చూడండి) రంపం-పన్ను-మాదిరి వోల్టేజిని అందించాలి.

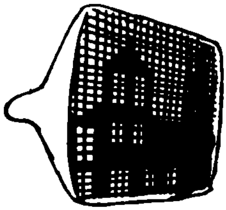


స్పందన ప్రతిబింబాన్ని పొందాలంటే తెర మధ్య భాగం దగ్గర ఒకే గీత వెంబడి ఎన్నో సార్లు కిరణపుంజం పరుగెడుతుంది. కాని టెలివిజన్‌లో ప్రతీ కొత్త గీతా దాని ముందు గీత కంటే కొంచెం దిగువన ఉండాలి. దాన్ని సాధించడానికి కిరణపుంజం ఎడమ నుంచి కుడి వైపుకి ప్రయాణించడమే కాకుండా అదే సమయంలో కిందికి దిగుతూ రావాలి. దాని కోసం బొమ్మనిచ్చే ఎలక్ట్రాన్ గొట్టపు ప్లేట్ల రెండవ జతకి ఇంకా తక్కువ వేగం గల రంపం-పన్ను-మాదిరి వోల్టేజిలోని ఒక పన్ను కిరణపుంజాన్ని తెర మీద పైనుంచి కిందకి వంగేలా చేస్తే, ఎక్కువ వేగం గల రంపం-పన్ను-మాదిరి వోల్టేజి మొత్తం 625 పళ్లనీ ఉత్పత్తిచేసి, కిరణపుంజాన్ని ఎడమ నుంచి కుడికి 625 సార్లు పరుగెత్తిస్తుంది. పెద్ద తెరలున్న టెలివిజన్లలో కిరణపుంజం, గీత వెంబడి గంటకి సుమారు 30 000 కిలోమీటర్ల వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది (భూమి చుట్టు కొలత సుమారు 40 000 కిలోమీటర్లు).

ఆధునిక టెలివిజన్ సెట్లలో కిరణపుంజాన్ని ప్లేట్లు కాకుండా కాయిల్‌లు ఏర్పరిచే అయస్కాంత క్షేత్రాలు కంట్రోలు చేస్తూంటాయి. కాయిల్‌లోని తీగ చుట్లకి రంపం-పన్ను-మాదిరి కరెంటును సరఫరా చేస్తారు.

3. 40

కిరణపుంజం పురుగెడుతున్నప్పుడు దాని ద్యుతి (బ్రైట్‌నెస్) స్థిరంగా వుంటే తెర మొత్తం అంతా సమానంగా ప్రదీప్తమవుతుంది. అప్పుడు బొమ్మ కనిపించకుండా పోతుంది.



కాని సాధారణంగా కిరణపుంజం ద్యుతి ఎప్పటి కప్పుడు మారుతూవుంటుంది. కాంతిహీనమైన, కాంతివంతమైన మచ్చలు ఒకదాని తర్వాత ఇంకోటి వస్తాయి. అవి మొజాయిక్‌లాగా ప్రకృతి దృశ్యాలని, ఫుట్‌బాల్ ఆటలో ఘట్టాలని, దగ్గరగా ఎనౌన్సర్ బొమ్మని, అలా టెలివిజన్ తెర మీద మనం చూసే ప్రతి విషయాన్నీ రూపొందిస్తాయి.

3. 41

బొమ్మలో పెద్ద భాగాలు కూడుకుని వుంటే, పక్కపక్క గీతలు సమానమైన ద్యుతిని కలిగివుంటాయి. చిన్న చిన్న వివరాలని చూపించేటప్పుడు పక్కపక్కన వుండే గీతలు విభిన్నమైన ద్యుతిని కలిగివుండవచ్చు. అలాగే ప్రతీ గీతలోనూ ఒక నిర్దిష్టమైన సంఖ్యలో మొజాయిక్ అంశాలు ఉండవచ్చు. ఆ అంశాలు ఎంత ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉంటే బొమ్మ అంత స్ఫుటంగా ఉంటుంది. తెర మీద బొమ్మలోని ప్రతీ చిన్న వివరం అంత స్ఫుటంగానూ కన్పిస్తుంది.

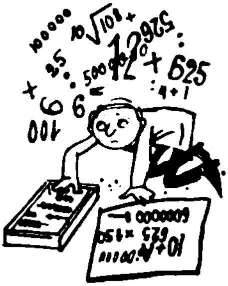
ప్రతీ గీతలోనూ కిరణపుంజం ద్యుతి వేర్వేరుగా వుంటే 625 మొజాయిక్ అంశాలని విలువుగా సమకూర్చవచ్చు. చదరంగా వుండే తెరమీద ప్రతీ గీత వెంబడి అదే సంఖ్యలో అంశాలని అమర్చడం మంచిది.

అప్పుడు తెరమీద మొత్తం అంశాల సంఖ్య:

$625\times625=390\,625$

సాధారణంగా ఫ్రేము వెడల్పు దాని ఎత్తులో 4/3 వంతు ఉంటుంది. అటువంటి ఫ్రేములో $625\times4/3\times625=500\,000$ అంశాలు ఉంటాయి.

ఉదాహరణకి, ప్రతిబింబంలోని ప్రతీ అంశం పక్క అంశానికి భిన్నమైన ద్యుతిని కలిగివుండాలంటే, కిరణపుంజం ద్యుతి ఎన్నిసార్లు మారాల్సిఉంటుంది? అన్ని అంశాలనీ జంటలుగా విభజిద్దాం (కాంతిహీనమైన, కాంతివంతమైన). ప్రతీ జంట గుండా ప్రసరిస్తూ కిరణపుంజం తన ద్యుతిని మార్చుకుంటుంది. ప్రతీ బొమ్మలోనూ కిరణ



పుంజం 500 000 అంశాలని లేక 250 000 జంటలని దాటుతుంది. కిరణ పుంజం తన ద్యుతిని 250 000 సార్లు మార్చుకోవాల్సి ఉంటుంది (ఏదైనా ఒక అంశం కాంతిహీనమైనది అయితే దాని పక్కది కాంతివంతమైనది అవాలి).

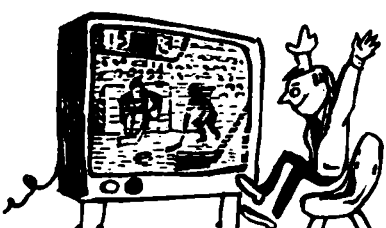
ఒక సెకనుకు 25 బొమ్మలు మారతాయి. దాన్ని బట్టి ఒక సెకనులో కిరణపుంజం తన ద్యుతిని 250 000×25=6 250 000 సార్లు మార్చుకోవాలి. అంటే, కిరణపుంజ ప్రవాహపు పౌనఃపున్యంలో మార్పు 6 250 000 హెర్ట్జ్‌లు లేక 6. 25 మెగాహెర్ట్జ్‌లు ఉండాలి.

3. 42

అయితే ప్రతీ ప్రతిబింబంలోనూ మొజాయిక్‌లోని మొత్తం 500 000 అంశాలన్నీ ఉండితీరాలని ఏమీ లేదు. అయితే ప్రతీ బొమ్మలోనూ పెద్ద పెద్ద వాటితో బాటు చిన్న చిన్న వివరాలూ — ఉదాహరణకి, ప్రతిభావంతుడైన నటుడి ముఖ కవళికలు, చిత్రకారుడి చేతి కదలికలు, అందంగా రాయబడిన చిన్న అక్షరాలు, మంచు హాకీ ఆట లోని చిన్న బంతి మొదలైనవి వుంటాయి.

మీ టెలివిజన్ సెట్ తెర మీద ఆ వివరాలన్నీ స్పష్టంగా కనిపించాలంటే ద్యుతిలో మార్పుల పౌనఃపున్యం, మరీ అవసరమైతే, 6.25 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా కూడా వుండేట్లు చూడాలి. ప్రతిబింబాన్ని మోసుకెళ్తున్న వాహక సంకేతం మీద మాడ్యులేషన్ ద్వారా అధ్యారోపితం చేయబడిన "డిజైను" ప్రభావం మూలంగా కిరణపుంజం తన ద్యుతిని మార్చుకుంటుంది.

"డిజైనుని" ఏ పౌనఃపున్యంతో మార్చగలమో తెలిస్తే వాహక పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయించడం కష్టంకాదు. వాహక సంకేతం "తివాసీలా" పనిచేస్తుంది కాబట్టి దాని



పౌనఃపున్యం "డిజైను" పౌనఃపున్యానికి సుమారు 10 రెట్లు ఎక్కువ ఉండాలి. అప్పుడు మాత్రమే "డిజైను" లోని అన్ని ఛాయలూ వాహక తరంగపు శృంగాల మీద ఒకదాని తర్వాత మరొకటి ప్రసారితమవుతాయి (మూడవ అధ్యాయంలో "కంటికి కనిపించని ఎక్స్‌ప్రెస్" చూడండి). అంటే, టెలివిజన్ సంకేతాల వాహక పౌనఃపున్యం $6.25 \times 10 = 62.5$ మెగాహెర్ట్జ్‌ల పరిధిలో ఉండాలన్నమాట.

అది 4.8 మీటర్ల తరంగ దైర్ఘ్యానికి అనురూపంగా వుంటుంది. సరిగ్గా ఈ "అననుకూలమైన" తరంగాలకే క్షితిజం అడ్డు గీతలాగా వుంటుంది.

ప్రతిబింబం ఎలా ప్రసారం చేయబడుతోంది

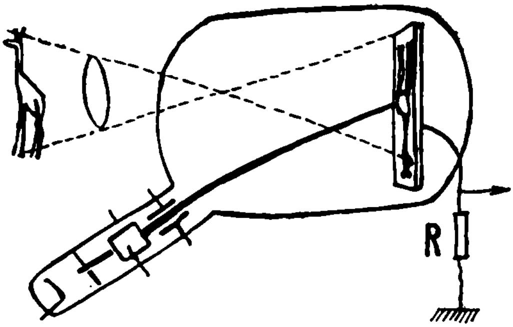
ఎవొన్సరు గొంతునో, ఏదైనా వాయిద్యపు ధ్వనినో కలిగి వుండే "డిజైను" మైక్రొ ఫోన్ సహాయంతో ఏర్పడుతుంది. గాలిలోని ధ్వని కంపనాలని మైక్రొఫోన్ ఏకాంతర, డోలాయమాన కరెంటుగా మారుస్తుంది.

ప్రతిబింబాన్ని కలిగివుండే "డిజైను" ఎలా ఏర్పడుతుంది?

ఇక్కడ మళ్లీ కేథోడ్-రే గొట్టం మన సహాయానికి వస్తుంది (దీన్నే కెమెరా గొట్టం లేక ఐకొనొస్కోప్ అని పిలుస్తారు). అయితే మనం ముందు చెప్పుకున్న గొట్టా లకీ దీనికీ మధ్య చెప్పుకోదగినంత తేడావుంది.

ఈ గొట్టపు తెర మీద వుండే పూతకి ఒక ప్రత్యేకమైన ధర్మం ఉంటుంది. ఎంత ఎక్కువగా దాన్ని కాంతివంతం చేస్తే, దాని విద్యుత్ నిరోధం అంత తక్కువగా ఉంటుంది. ప్రసారం కింద చెప్పుకున్న రీతిలో జరుగుతుంది.

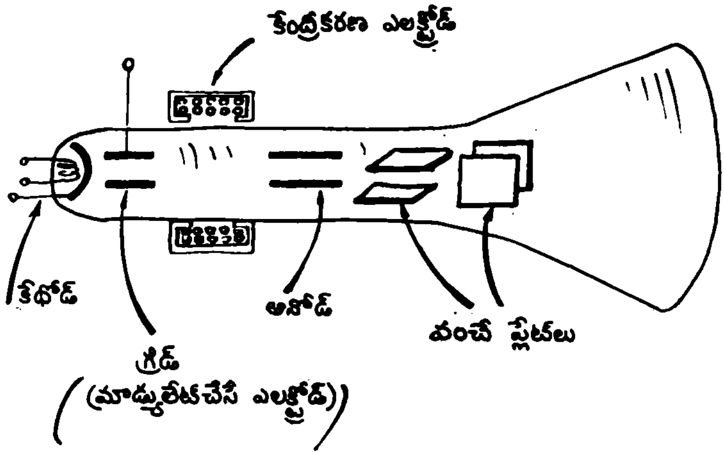
ముందు విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలుగానూ తర్వాత గాలిలోకి వికిరణంచేసే విద్యు దయస్కాంత తరంగాలుగానూ మార్చాల్సిన ప్రతిబింబాన్ని తెర మీదకి సాధారణ దృశా కటకాల ద్వారా ప్రక్షేపిస్తారు (ప్రొజెక్ట్ చేస్తారు). తెర వెనక, బొమ్మనిచ్చే సాధారణ టెలివిజన్ గొట్టంలో మాదిరిగానే, ఒక గీత ఇంకో గీతని స్కాన్ (క్రమబద్ధంగా వెలుగునీడలని పరివర్తితం) చేస్తూ ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజం జారుతుంది. తోటలో నీటి గొట్టం నుండి నీరు ఒక అద్దంపై కిందకి జారుతున్నట్లు ఎలక్ట్రాన్‌ల ధార తెర లోపలి తలాన్ని "కడుగుతుంది." వాహకపు పొర గుండా ఎలక్ట్రాన్‌లు వదిలా ప్రవ హిస్తూ నిరోధకం R గుండా భూమిని చేరుతాయి. తెర ఉపరితలం ద్యుతి ఎంత ఎక్కు వగా వుంటే ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహం అంత సమృద్ధంగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే కాంతి కిరణాల ప్రభావానికి వాహకపు పొర నిరోధం తగ్గుతుంది.



గీతలను స్కాన్ చేస్తూ కిరణపుంజం ప్రతిబింబంలోని కాంతివంతమైన భాగాన్ని తాకగానే నిరోధకం R గుండా వెళ్తున్న ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహపు తీవ్రత పెరుగుతుంది. కిరణం కాంతిహీనమైన భాగాన్ని చేరగానే ప్రవాహపు తీవ్రత తగ్గుతుంది. కిరణపుంజం ప్రతిబింబాన్ని కాలంతోబాటు ఎడతెగకుండా మారే విద్యుత్ ప్రవాహంగా మారుస్తూ, ఒక గీత తర్వాత మరో గీతని స్కాన్ చేస్తుంది. ఆవిధంగా ''డిజైను'' ఏర్పడుతుంది. ఇప్పుడు ఈ కరెంటుని (లేక ఆ కరెంటు వలన నిరోధకం R మీద ఏర్పడిన వోల్టేజ్‌ని), అతి హ్రస్వ తరంగాలని మాడ్యులేట్ చేయడానికి వాడితే ప్రతిబింబాన్ని కలిగివుండే ''డిజైను'' వాహక సంకేతం మీద ''ఎక్కి కూర్చుంటుంది.''

టెలివిజన్ గ్రాహకంలో అటువంటి సంకేతపు గతి సరిగ్గా రేడియో వార్తాప్రసార సంకేతాల గతిలాగానే ఉంటుంది. ఈ సంకేతం కూడా దశల వారీగా ''వికృత ప్రతి బింబాలనిచ్చే అద్దాల'' వ్యవస్థ గుండా వెళ్తూ ఆంప్లిఫై అవుతుంది. ముందు సంకేతం రేడియో పౌనఃపున్యాల దగ్గర, తర్వాత మధ్యస్థ పౌనఃపున్యాల దగ్గర ఆంప్లిఫై చేయబడుతుంది. ఆపైన సంకేతం శోధనకి గురిచేయబడుతుంది. చిట్టచివరన ఆఖరి దశలో మిగిలిన ''డిజైను'' మాత్రమే ఆంప్లిఫై చేయబడుతుంది.

ఆపైన ఏమవుతుంది? ఆపైన సంకేతానికి ఏమవుతుందో, అది అనూహ్యమైన విషయమనిపించవచ్చు. చివరికి చేరిన సంకేతం తిరిగి మాడ్యులేషన్‌ని జరపాల్సి ఉంటుంది. ఇప్పుడది కిరణపుంజాన్ని మాడ్యులేట్ చేస్తుంది. దానికోసం ముందు మనం 1. 19 చిత్రంలో పరిశీలించిన అంశాలతోబాటు గొట్టంలో ఇంకో మాడ్యులేషన్ ఎలక్ట్రోడ్‌ని ఉంచాల్సివస్తుంది. దీన్నే గ్రిడ్ అనే పేరుతో కూడా పిలుస్తూంటారు.



ఎందుకంటే ట్రయోడ్‌లోని గ్రిడ్ లాగానే టెలివిజన్‌లో బొమ్మనిచ్చే గొట్టాలలోని గ్రిడ్ కూడా కిరణపుంజంగా మారే ఎలక్ట్రాన్‌ల ధారని కంట్రోలు చేస్తుంది. సరిగ్గా ఈ ఎలక్ట్రోడ్‌కే ప్రతిబింబాన్ని కలిగి వుండే "డిజైమని" అందిస్తారు. మాడ్యులేషన్ ఎలక్ట్రోడ్‌కి ఆపాదించబడే వోల్టేజిలోని మార్పులు కిరణపుంజం ద్యుతిలో మార్పులని కలిగిస్తాయి.

మొజాయిక్‌లోని అన్ని అంశాలూ తెర మీద సరైన స్థానాల్లో ప్రత్యక్షమయేలా చేయడానికి వాహక సంకేతం మీద ప్రతిబింబ సంకేతంతో బాటు ప్రత్యేకమైన స్పందనాలని అధ్యారోపితం చేస్తారు. గ్రాహకపు తెరని స్కానింగుచేయమని కిరణపుంజానికి ఆదేశం ఇచ్చేది ఈ స్పందనాలే.

ప్రసారం జరుగుతున్నంతసేపూ అన్ని టెలివిజన్ సెట్ల కిరణపుంజాలూ, కెమెరా గొట్టంలోని కిరణపుంజాలతోబాటు ఒకే క్షణంలో పరుగు మొదలెట్టి పరుగు పూర్తి చేస్తాయి. అంటే ఒక సెకనులో 25 సార్లు బొమ్మని ప్రారంభించి పూర్తిచేస్తాయి.

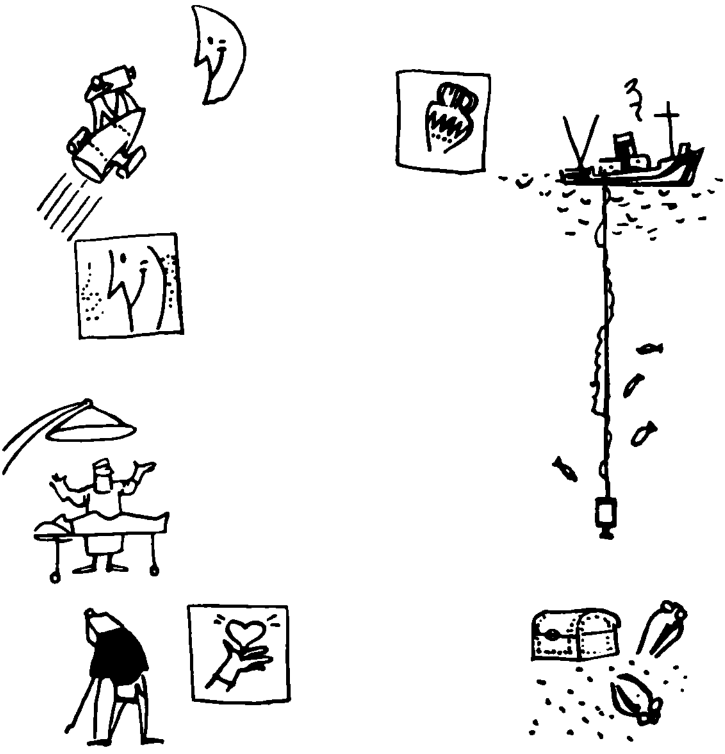
ఏ క్షణాన్ని తీసుకున్నాసరే మొజాయిక్‌లోని ఒకే అంశాలని మిలియన్ల కొలది కిరణపుంజాలు స్కాన్ చేస్తాయి. మిలియన్లకొద్దీ టెలివిజన్ల తెరలమీద మిలియన్ల కొలది కిరణపుంజాలు ఒక సెకనులో 25 సార్లు చుక్కవెంబడి చుక్కగా ఒకే బొమ్మని గీస్తూవుంటాయి.

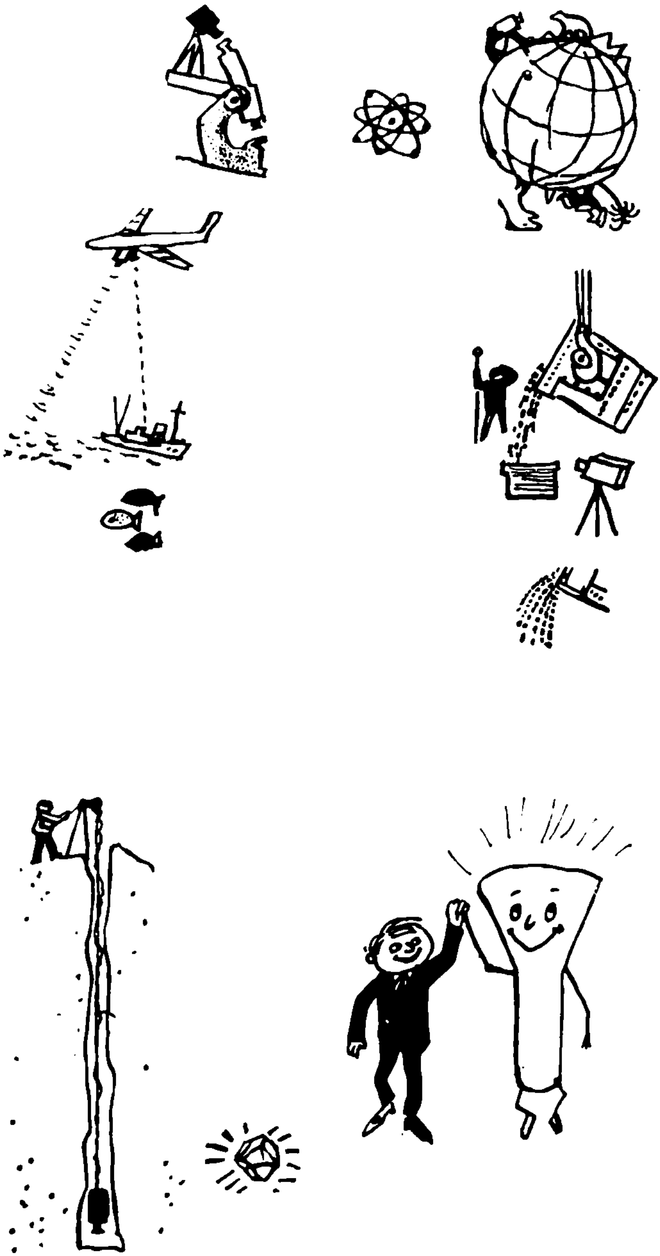
సర్వసాక్షి అయిన ఎలక్ట్రానిక్ కన్ను

ఇదీ మూలాంశం

3. 43

మన జీవితంలో టెలివిజన్ ఒక విడదీయరాని భాగమైపోయింది. విజ్ఞానశాస్త్రం, సాంకేతిక శాస్త్రాలలోని ఎన్నో రంగాల్లో దాని పాత్ర తక్కువేమీ కాదు. ఒక ప్రత్యేకమైన ఎలక్ట్రానిక్ కన్ను సహాయంతో ద్రవరూపంలో వున్న లోహం మూసలోకి ఎలా చేరుతోందో, ప్రాణానికి అపాయకరమైనటువంటి రేడియో ధార్మిక ప్రక్రియ ఎలా జరుగుతోందో గమనించగలం. అలాగే అనుభవజ్ఞుడు, నిపుణుడు అయిన శస్త్రవైద్యుడు చేసే సున్నితమైన శస్త్ర చికిత్సని హాలులో కూర్చుని వున్న వారంతా చూడగలుగుతారు.





భూ గర్భంలోకి తవ్వకాలని జరిపే సాధనానికి అమర్చబడిన చిన్న టెలివిజన్ కెమెరా సహాయంతో ఎంతో లోతులో వున్న రాళ్ళని విపులంగా పరిశోధించవచ్చు. టెలివిజన్ ఇంకా కనుగొనబడని రోజుల్లో ప్రతీ పొరనీ అధ్యయనం చేయడానికి రాళ్ల శాంపిల్స్‌ని భూమిపైకి తీసుకురావల్సి వచ్చేది.

''థ్రెషేయి'' అనే జలాంతర్గామి మునిగిపోయినప్పుడు దాన్ని టెలివిజన్ కెమెరా సహాయంతోనే కనుక్కున్నారు. ప్రాచీన కాలంలో గ్రీకులు రోడ్స్ ద్వీపం నుంచి మార్సెల్స్‌కి ద్రాక్ష సారాని తరలించిన ''ఆమ్‌ఫోర'' పాత్రలని కూడా అలాగే కనుక్కున్నారు.

చేపలుపట్టే ఓడలు మార్గదర్శిని (సాధారణంగా విమానం) సహాయంతో చేపల గుంపులని వెన్నంటి వెళ్తాయి. విమానంలో టెలివిజన్ కెమెరాని ఉంచడం ద్వారా చేపల గుంపు బొమ్మని ఓడకి ప్రసారం చేయడం సాధ్యపడుతుంది.

మొదట్లో భూమికి అతి దగ్గరలో విశ్వాంతరాళంలో వున్న గ్రహాల చిత్రాలనీ, ఆతర్వాత చంద్రుడి మీద మానవుడి తొలి అడుగులనీ భూమికి ప్రసారం చేయడంలో సహాయపడింది టెలివిజనే.

ముందు ముందు ఎన్నో గ్రహాలని మనిషి వాటిని ఇంకా చేరకముందే ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలు ''పరిశీలిస్తాయి.''

ఎంతో సూక్ష్మమైన సాంకేతిక ప్రక్రియలని సాధించడంలో టెలివిజన్ సహాయపడుతుంది. ట్రాన్సిస్టర్లని తయారుచేసేటప్పుడు తీగ (వైరు) వ్యాసం కొన్ని మైక్రాన్‌లని మించకుండా చూసేందుకు గంటలకొద్దీ సూక్ష్మదర్శినిలో దాని మందాన్ని కొలుస్తూ ఉండాల్సివచ్చేది.

ప్రస్తుతం వస్తుకటకంలోంచి చూసేపని కేథోడ్-రే గొట్టం చేస్తోంది. ఒక ప్రామాణిక సంకేతంతో ప్రతిబింబ పరిమాణాన్ని పోలుస్తారు. తీగ మందం చివరికి మైక్రాన్‌లో పదో వంతు ఎక్కువైనా లేక తక్కువైనా విద్యుత్ ప్రవాహంలో తేడా వచ్చి, ఆటోమేటిక్ సాధనం వెంటనే దాన్ని నమోదు చేస్తుంది.

సాధారణ టెలివిజన్‌లు నిజానికి గుడ్డివి. మనిషి చూడటానికి వీలుగా అవి ప్రతిబింబాన్ని పునరుత్పత్తి చేస్తాయంతే. అయితే, ఇటీవలి కాలంలో వస్తువులని చూడగలిగేవి, వాటి విశిష్ట లక్షణాలని గుర్తుపట్టేవి అయిన సాధనాల్ని రూపొందించారు. ఉదాహరణకి, ఆ సాధనాలు పిల్లి ఏదో, కుక్క ఏదో చెప్పగలుగుతాయి. అలాగే చేతి వ్రాతతో గాని అక్షరాల పరిమాణంతో గాని సంబంధం లేకుండా అక్షరమాలలోని అక్షరాలని గుర్తుపట్టగలుగుతాయి.

కేథోడ్-రే గొట్టమే ఆ సాధనాలకి (వీటిని పెర్సెప్‌ట్రాన్స్ అంటారు) మూలాధారంగా వుంటుంది. అయితే ఆ సాధనం వస్తువులని ''గుర్తుపట్టాలంటే'' సంకేతాలని కంప్యూటర్ల సహాయంతో సంక్లిష్టమైన ప్రక్రియలకి గురిచేస్తారు.

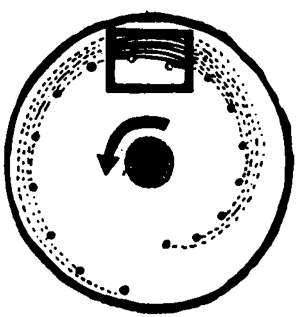
వంద సూర్యుళ్లని ఎక్కడి నుంచి తేగలం?

తొలి టెలివిజన్ ప్రాజెక్టుని ప్రతిపాదించినది పోలిష్ ఇంజనీరు నిప్కోవ్. కెమెరా గొట్టపు తెర బదులు ఆయన ఎన్నో గుండ్రటి రంధ్రాలున్న బిళ్లని (డిస్కుని) ఉపయోగించాడు. ప్రతిబింబం డిస్కు మీద పడేలా చేసేవారు. డిస్కు తిరుగుతున్నప్పుడు ప్రతీ రంధ్రం ఒక గీతని గీసేది. రంధ్రాలు సర్పిలాకారంలో వుండడంతో గీతలు ఒకదాని కింద మరొకటి పడేవి. రంధ్రం గుండా ప్రసరించిన కాంతి ఫోటోసెల్ మీద పడేది.

ప్రతీ బింబంలోనూ కాంతిహీనమైనవీ, కాంతివంతమైనవీ చుక్కలుండటంతో కాంతి కిరణపుంజపు ద్యుతి మారుతూ వుంటుంది. దాన్ని బట్టి ప్రతీ రంధ్రం కొత్త గీతని గీసే లోపున ఫోటోసెల్ ఉత్పత్తి చేసే కరెంటు ఎన్నోసార్లు మారుతుంది. మొత్తం 30 రంధ్రాలూ (నిప్కోవ్ డిస్కులో సరిగ్గా అన్నే రంధ్రాలుండేవి) ప్రతిబింబాన్ని 30 గీతలుగా విడగొట్టి దాన్ని కాలాన్ని బట్టి నిరంతరాయంగా మారుతూండే విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చేవి. ఆ స్పందించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్నే వాహక సంకేతాన్ని మాడ్యులేట్ చేయడానికి వాడారు.

గ్రాహకంలో కరెంటు విద్యుత్ బల్బుని మినుకు మినుకుమనేలా చేసేది. బల్బుకీ, తెరకీ మధ్య అక్కడ ఇంకో నిప్కోవ్ డిస్కుని ఉంచారు. దాని రంధ్రాలు ప్రసారిణిలో వున్న డిస్కులోని రంధ్రాలకి అనుగుణంగా (ఏక కాలంలో) గీతలు గీశాయి. ప్రతిబింబాన్ని ప్రసారం చేయడానికి పైన చెప్పుకున్న పద్ధతి చాలా సరళంగానే వుంది. కాని పై ఊహని ప్రయోగం ద్వారా నిజం చేయడానికి ప్రయత్నించగానే అదో పెద్ద గందరగోళం అయికూర్చుంది.

1930వ దశకంలో మాస్కోలో ప్రయోగాత్మక టెలివిజన్ స్టూడియో పని చేస్తూండేది. అది నిప్కోవ్ డిస్కులనే ఉపయోగించేది. అప్పుడేం జరిగిందో దాని గురించి ఆరోజుల్లోని పత్రికల్లో ఎన్నో తమాషాలు కథల్లా రాసేవారు.



"టెలివిజన్ ప్రసారంలో నవ్వుపుట్టించే దృశ్యాలెన్నో కన్పించాయి. నటుడు మామూలుగా డ్రామా థియేటర్లలో చేసుకునే మేకప్‌కే అలవాటుపడి వుండేవాడు. పెదవులు ఎర్రగా వుండాలనేది ఒక సూత్రం. నటుడికి మొహానికి రంగులు పూస్తున్నవాడు పెదాలకి ముదురాకుపచ్చ రంగు పులిమేశాడనుకోండి. అప్పుడు నటుడికి ఎంత ఆశ్చర్యంవేస్తుందో

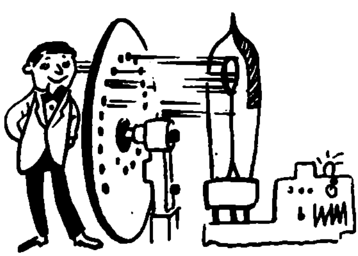
మీరే ఊహించుకోవచ్చు. నటుడు అప్పటికే వందలకొద్దీ పాత్రలని వేశాడు. ఒథెల్లో లాగానూ, ఇయాగో లాగానూ, క్వాసిమోడో లాగానూ కనిపించేలా మేకప్ చేయించుకున్నాడు. అయితే కొక్కటూలా (తూగాడు తురాయి శిఖ గల ఒక జాతి చిలుక — అను.) మాత్రం ఎప్పుడూ మేకప్ వేసుకోలేదు!''

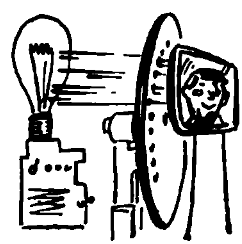
''...జిమ్నాస్టిక్స్ చేసేవాడు నల్ల నిక్కరు వేసుకుని వున్నాడు. వెనకాల నేపథ్యం నల్లగా వుంది. తెర మీద నిక్కరు మాయమైపోయింది. వెనకాల నేపథ్యం తెల్లబడింది. ఈసారి ఇంకా అద్భుతమైన విషయం సంభవించింది. నిక్కరు స్పష్టంగా కనిపించింది, అయితే జిమ్నాస్టిక్స్ చేసే మనిషే మాయమైపోయాడు.''

ఇంతకీ జరిగిన విషయమేమిటి? ఆధునిక తెరల మీద మనం చూసే ప్రతిబింబం లాంటివాటినే నిప్కోవ్ డిస్కు ఎందుకు చూపించలేకపోయింది?

అక్కడ ఉన్న లోపాల్లో ఒకటి — చిత్రం ఫ్రేములో 30 గీతలు మాత్రమే ఉండటం. అందుకనే చిత్రం చూడ్డానికి అంత బాగా ఉండేది కాదు. ఎందుకంటే అన్ని వివరాలూ వున్న పూర్తి చిత్రం బదులు అక్కడక్కడ గీతల జాలకం కన్పించేదంతే. సరే దీన్ని లోపంకింద పరిగణించకుండా వుండచ్చు. కాని నిక్కరు తర్వాత మనిషే మాయమైపోతే ఇంకేం చేయాలి. ఎందుకతను మాయమైపోయాడు? మంచో, చెడో, గీతల సంఖ్య తక్కువైనా చిత్రంలో అసలు వస్తువంటూ కనిపించాలి కదా!

అయితే వస్తువు మాయమైపోతోంది, అంటే, నేపథ్యం నుంచి విక్షేపణ చెందుతున్న కాంతికి, వస్తువు నుంచి పరావర్తనం చెందిన కాంతికి మధ్యనున్న తేడాని ఫొటోసెల్ గ్రహించలేకపోతోంది అన్నమాట. అది సహజమైన విషయమే. ఎందుకంటే డిస్కులోని చిన్న రంధ్రాల గుండా అతి తక్కువ కాంతి ప్రసరిస్తుంది. మిగిలిన కాంతిని డిస్కు పరావర్తనం చెందిస్తుంది. ఆ విధంగా ఆ కాంతి వృథా అవుతుంది. కాంతి అలా వృథా అవడమే అన్ని సమస్యలకీ కారణం. నటుడి పెదాల రంగు ఆకుపచ్చ అవడం, నిక్కరు మాయమైపోవడం ఇవన్నీ దాని మూలంగానే.







ప్రత్యక్ష సూర్యరశ్మి కంటే 100 రెట్లు ఎక్కువ కాంతి గల జనకాన్ని ఉపయోగించిన పక్షంలో నిప్కోవ్ డిస్కు సహాయంతో పొందిన ప్రతిబింబం ఆధునిక టెలివిజన్ తెర మీది ప్రతిబింబమంత స్ఫుటంగానూ ఉంటుందని లెక్కగట్టి చెప్పారు.

కాని 100 సూర్యుళ్లని మించిన కాంతి వుండే జనకాన్ని భూమి మీద సృష్టించడం సాధ్యమేనా?

లేకపోతే కాంతిని యింకా పొదుపుగా వాడుకోవడం బహుశా మంచిదేమో?

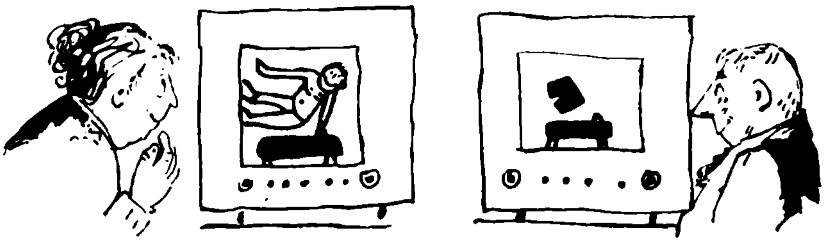
ఇంజనీరు జ్వోరికిన్ సరిగ్గా ఆ మార్గాన్నే అవలంబించాడు. సైంట్ పీటర్స్‌బర్గ్ విశ్వవిద్యాలయంలోని ప్రొఫెసర్ బొరిస్ రోజింగ్ 1907వ సంవత్సరంలోనే టెలివిజన్ గ్రాహకంలో ఎలెక్ట్రాన్ గొట్టాన్ని వాడాలని ప్రతిపాదించాడు. అతని శిష్యుడు జ్వోరికిన్ ఆ భావాన్నే అభివృద్ధిపరచి, కాంతిని నిల్వచేసుకునే కెమెరా గొట్టం ఒకదాన్ని రూపొందించాడు.

కాంతిని అది ఎలా నిల్వచేసుకుంటుంది?

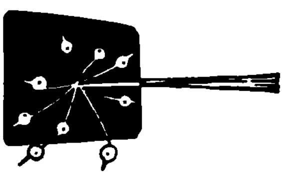
ఎంతో సులభంగా అదాపని చేయగలుగుతుంది. ముందు పరిశీలించిన నిప్కోవ్ పద్ధతితో యీ పద్ధతిని పోల్చిచూస్తే అంతా తేలిగ్గా అర్థమవుతుంది. గొట్టపు తెర ముందు ఎటువంటి చిన్న రంధ్రలూ లేవు. కెమెరా గొట్టం దిశలో వస్తువు పరావర్తనం చేసే కాంతి మొత్తం తెర మీద పడుతుంది. నిప్కోవ్ డిస్కుతో పోలిస్తే, ఆధునిక కెమెరా గొట్టానికి వున్న ఒక ప్రధానమైన మేలైన గుణం అది. రెండింటికీ మధ్య వున్న ఆ వ్యత్యాసం మూలంగానే నిప్కోవ్ డిస్కు గతంలో మరుగున పడిపోయింది, కేథోడ్-రే గొట్టం అన్ని టెలివిజన్ వ్యవస్థల్లోనూ ఒక సమగ్రమైన భాగమైంది.

కాంతిని సంచయనం చేయడానికి ఎన్నో పద్ధతులని వాడవచ్చు.

“ప్రతిబింబం ఎలా అందించబడుతుంది” అనే భాగంలో కాంతి ప్రభావం మూలంగా నిరోధంలో వచ్చే మార్పును (అంటే, ఫోటో విద్యుద్వాహక ప్రభావం అన్న విషయాన్ని) పరిశీలించాం. కెమెరా గొట్టాలకి చెందిన తెరల మీద చాలా తరచుగా



ఫోటో ఉద్గారక ప్రభావాన్ని కలిగించే పదార్థాలని పూస్తారు. పై రెండు ప్రభావాల మధ్య వున్న తేడా వాటి పేర్ల ద్వారానే అర్థమవుతుంది. ఫోటో ఉద్గారక ప్రభావం వున్నప్పుడు నీటి ఉపరితలం మీద నుంచి తుంపరలు ఎలా వెదజల్లబడతాయో సరిగ్గా అలాగే పొర నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లు బయటకి దూకివస్తాయి. కాంతి ఎంత ఎక్కువగా వుంటే



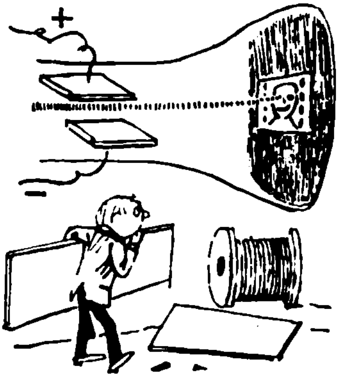
కాంతి-సూక్ష్మగ్రాహక పొర నుంచి అంత ఎక్కువగా ఎలక్ట్రాన్ “జల్లులు” బయటకి వస్తాయి. గీత వెంబడి గీతను స్కాన్ చేస్తూ ఎలక్ట్రాన్ పుంజం కెమెరా గొట్టపు తెరమీద ఒక నిర్ణీత బిందువుని చేరినప్పుడు, అది కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లని తెరకి ఇస్తుంది. కాంతి ప్రభావం మూలంగా కాంతి సూక్ష్మగ్రాహక తెర నుంచి ఎంత ఎక్కువగా ఎలక్ట్రాన్‌లు వెదజల్లబడి బయటకి వస్తే, ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజం ఇచ్చే ఎలక్ట్రాన్‌లు అంత ఎక్కువగా వుంటాయి. కాంతివంతమైన భాగాల నుంచి కాంతి తక్కువగా వున్న భాగాలకి మారుతూ కిరణపుంజం ప్రతిబింబాన్ని స్కాన్ చేస్తుంది. దానికి అనుగుణంగా కిరణ ప్రవాహం మారుతుంది.

ఇక్కడ మళ్లీ కాంతి పోగుబడుతుంది. ప్రసారం జరుగుతున్నంతసేపూ తెర మీద కాంతి పడుతూంటుంది. వెంటనే పొర తిరిగి ఏర్పడుతుంది. అంటే ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజం స్కాన్ చేయడం ద్వారా పొర తిరిగి ఏర్పడుతుంది.

అయస్కాంతాలు కటకాలుగా కూడా పనిచేయగలవు

ఇదీ మూలాంశం

3. 44

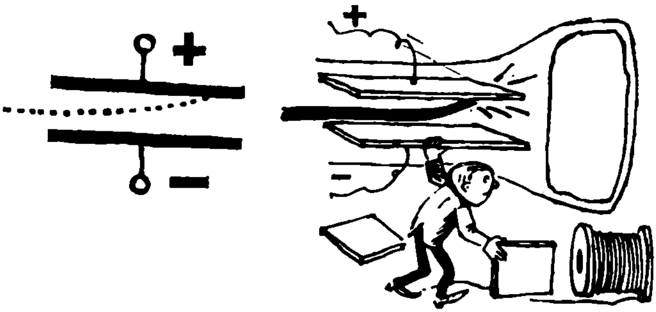


తొలి గొట్టాల్లో కిరణపుంజాన్ని ప్లేట్లు కంట్రోలు చేసేవి. కాని ఎప్పుడైతే పెద్ద తెర వుండే టెలివిజన్ గొట్టాలు వచ్చాయో ప్లేట్లు తమ బాధ్యతని నిర్వహించలేక పోయాయి. ఎందుకంటే అవి కిరణపుంజాన్ని చిన్న కోణాల పరిధిలో మాత్రమే వంచగలిగేవి. కాని చిత్రం అంత పెద్ద తెర మీద మొత్తం కనిపించేలా చేయడం వాటివల్ల అయ్యే పని కాదు. పెద్ద తెరలుండే గొట్టాల్లో ఆనోడ్ మీద అధిక వోల్టేజిని ఇవ్వడానికి ప్రయత్నిస్తూంటారు. దాని ఫలితంగా వాటిలో ఎలక్ట్రాన్‌లు విపరీతమైన వేగాల్ని పుంజుకుంటాయి. అవి ప్లేట్ల గుండా క్షణిక కాలంలో దూసుకుపోతాయి. ఎంతో బలమైన క్షేత్రం మాత్రమే వాటిని చెప్పుకోతగినంతగా వంచగలుగుతుంది.

3. 45

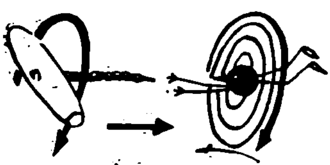
దానికి నివారణోపాయంగా ప్లేట్ల మధ్య ఇంకా బలీయమైన క్షేత్రాన్ని సృష్టించ ప్రయత్నించారు. దాని కోసం ప్లేట్లని ఒకదానికొకటి ఇంకా దగ్గరకు జరిపి, వాటి వైశాల్యాన్ని పెంచవలసి వచ్చింది.

అప్పుడు ఎంతో విపరీతమైన ఫలితం వచ్చింది. కావాల్సిన కోణంలో కిరణపుంజాన్ని ప్లేట్లు వంచగలిగాయి, కాని ఆ కిరణపుంజం ప్లేట్లలో ఒకదాన్ని తాకడం మొదలెట్టింది.



అందుకనే, ఎలక్ట్రాన్‌లని ప్లేట్ల మధ్య కలిపించే విద్యుత్ క్షేత్రాల ద్వారానే కాకుండా అయస్కాంత క్షేత్రాల ద్వారా కూడా కంట్రోలు చేయవచ్చని టెలివిజన్ గొట్టాలని రూపొందించేవారు గుర్తుచేసుకోవలసి వచ్చింది.

3. 46

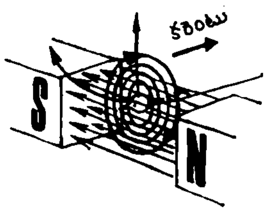


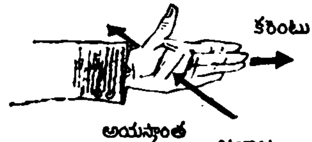
విరామ స్థితిలో వున్న ఆవేశం మీద అయస్కాంత క్షేత్రం పనిచెయ్యదు. కాని ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజంలో ఆవేశాలు అవిచ్ఛిన్నంగా కదులుతూ ఉండటంతో వాటి చుట్టూ (సరిగ్గా విద్యుత్ ప్రవహిస్తున్న తీగల చుట్టూ లాగానే) ఒక విధమైన ప్రభా పరివేషాలు (ఆరియోల్‌లు) – అయస్కాంత బలాల క్షేత్రాలు – ఏర్పడతాయి.

కార్క్ స్క్రూని విద్యుత్ ప్రవహించే దిశలో తిప్పుతూంటే దాని పిడి తిరిగే దిశలోనే అయస్కాంత బలాలు ఉంటాయి (2. 14 చూడండి).

3. 47

అయస్కాంత క్షేత్రాల బలాలు ఒకే దిశలో వుంటే వికర్షించుకొంటాయి. బలాలు వ్యతిరేక దిశల్లో వుంటే ఆకర్షించుకుంటాయి. (ప్రకరణం 2 – "ముల్లు ఎటువైపు తిరుగుతుంది?" చూడండి.)



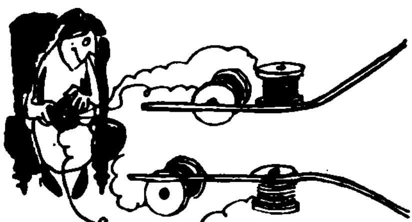


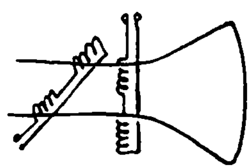
ఎడమచెయ్యి నియమం

ఎలక్ట్రాన్‌పైన అయస్కాంత బలాలు వ్యతిరేక దిశల్లోనూ, ఎలక్ట్రాన్‌కింద ఒకే దిశలోనూ వుండేలా చేస్తారు. అటువంటి అన్యోన్య ప్రభావాల స్థితిలో ఆవేశం పైకి వంగుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఆవేశపు చలనం ఎడమ-చేయి నియమానికి కట్టుబడి వుంటుంది.

3. 48

కిరణాలని వంచే క్షేత్రాలని ఏర్పరచడం కోసం శాశ్వత అయస్కాంతం బదులు టెలివిజన్ గొట్టాల్లో సాధారణంగా కాయిల్‌లని వాడుతుంటారు. గొట్టపు గొంతు దగ్గర నిలువుగా వుంచబడిన కాయిల్‌ల జంట కిరణాన్ని క్షితిజసమాంతర తలంలో వంచుతే, అడ ంగా వుంచబడిన కాయిల్‌ల జంట కిరణపుంజాన్ని పైకీ కిందకీ వంచుతుంది.

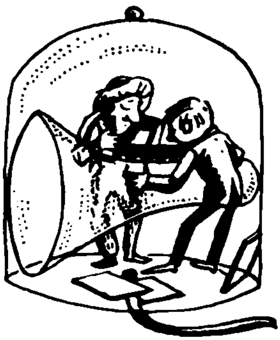




తీగ చుట్టల్లో విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ మారగానే అయస్కాంత ధృవాలూ మారుతాయి. అప్పటిదాకా కిరణపుంజం పైకి కదుల్తే ఇప్పుడది కిందకి కదుల్తుంది. అదంతా సరిగ్గా ఎడమచేతి నియమానికే కట్టుబడి జరుగుతుంది (3. 47).

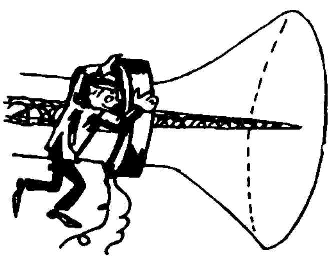
కాయిల్‌లకి రంపం-పన్ను-మాదిరి ప్రవాహం పంపడం ద్వారా (నిలువు కాయిల్‌లకి శీఘ్రమైన "రంపం-పన్ను-మాదిరి" ప్రవాహం, క్షితిజసమాంతర కాయిల్‌లకి మందకొడి రంపం-పన్ను-మాదిరి ప్రవాహం) చిత్రాలని కిరణపుంజం స్కాన్ చేసేలా చేయవచ్చు (3. 39).

3. 49



గొట్టంలో వుండే శూన్యంలో తేడా రాకుండా చూస్తూ గొట్టంలోకి కంట్రోలు – ప్లేట్లని వుంచడం ఎంతో కష్టంతో కూడిన పని. అటువంటి గొట్టాలని ఉత్పత్తి చేసే ప్రక్రియ అతి క్లిష్టమైనది. అయస్కాంత వ్యవస్థ వుండే గొట్టాలని తయారుచేయడం ఎంతో తేలిక. ఎందుకంటే వీటి లోపలికి కాయిల్‌లని దూర్చి అమర్చాల్సిన అవసరం వుండదు.

3. 50



గొట్టపు గొంతు మీద తొడిగిన కాయిల్ గొట్టపు పొడవు అక్షం దిశలో అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. అటువంటి కాయిల్ కటకపు బాధ్యతనిర్వహిస్తుంది. అంటే అది అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లనీ తెర మీద ఒక బిందువు వైపు తరలిస్తుంది. 'అంటే కిరణపుంజాన్ని కేంద్రీకరిస్తుంది.'

ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాలు

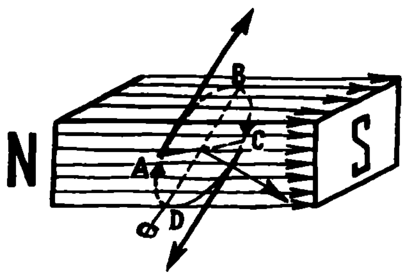
కిరణపుంజాన్ని కేంద్రీకరించడం అనేది టెలివిజన్‌లో ఎంత ముఖ్యమైన సమస్యో ఊహించడం కష్టమేమీ కాదు. కిరణపుంజంలోని ప్రతి ఎలక్ట్రానూ ఒకే ఆవేశం కలిగివుండి, దానితో సమాంతరంగా పయనిస్తున్న సోదర ఎలక్ట్రాన్‌లని పక్కకి తోసెయ్య

దానికి తప్పకుండా ప్రయత్నిస్తుంది. ఒక కాలంలో టెలివిజన్ రూపకర్తలకి ఆ ప్రయత్నం ఎన్నో యిబ్బందులని కలిగించింది.

మొట్టమొదటిసారిగా టెలివిజన్ గొట్టాలని ఉపయోగించిన భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు పై విషయంతో ఎలా పోరాడారో మీకు గుర్తుందా? ఎలక్ట్రాన్ల మార్గంలో చిన్న స్తూపాన్ని (సిలిండర్) ఉంచి దానికి రుణాత్మక పొటెన్షల్‌ని కల్పించారు. ఎలక్ట్రాన్లు గోడలకి కొట్టుకుని తిరిగి వచ్చి అక్షం దగ్గర పోగుబడడం ద్వారా సన్నటి కాంతిపుంజం ఏర్పడుతుంది (1. 19). స్తూపం నుంచి బయటకి రావడమే తరువాయి ఎలక్ట్రాన్లు తిరిగి అటూ ఇటూ పరుగెడతాయి. ఎలక్ట్రాన్లు తెరకి ఎంత దగ్గరగా వచ్చినట్లయితే అవి అంత దూరంగా ఒకదాన్నొకటి వికర్షించుకుంటాయి. అలాగే కిరణపుంజం అంత లావుగానూ వుంటుంది. అటువంటి "బండ" కిరణపుంజంతో ఫ్రేములో ఒక స్ఫుటమైన చిత్రాన్ని గీయడంలో అర్థంలేదు. ఎందుకంటే ఇంటికి రంగు పూసే బ్రష్‌తో స్పష్టంగా ఒక మనిషి చిత్రాన్ని గీయడం లాంటిదే ఆ పని.

అంటే, మామూలు దృశా కటకాన్ని పోలి, కిరణపుంజాన్ని తెర మీద పడేలా కేంద్రీకరించే వ్యవస్థని రూపొందించాల్సిన అవసరం వుందన్నమాట.

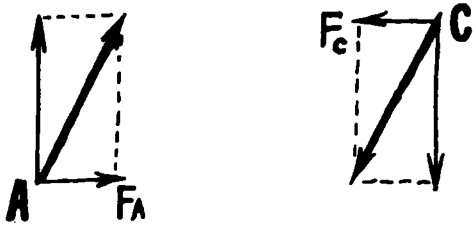
అయస్కాంత కటకాలు ఆ భాధ్యతని నిర్వహిస్తాయి. గొట్టం గొంతుకి తొడిగిన కాయిల్ చుట్లలో నుంచి విద్యుత్ ప్రవహించేటప్పుడు అది అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. ఆ క్షేత్ర బలాలు గొట్టం పొడవు అక్షం దిశలో పనిచేస్తుంటాయి.



అయస్కాంత క్షేత్ర బల రేఖల అక్షం దిశలో ఎగురుతున్న ఎలక్ట్రాన్, ఆ క్షేత్రాన్ని లెక్కచెయ్యదు. ఎందుకంటే దాని ప్రభాపరివేష బలాలు అయస్కాంత క్షేత్ర బలాల దిశకి లంబంగా వుంటాయి. ఎలక్ట్రాన్ తన మార్గం మార్చుకుని, ఉదాహరణకి, కిందకి వెళ్దామనుకుంటే ఏమవుతుంది?

B, *D* బిందువుల దగ్గర బలాలు ఒకదానికొకటి లంబంగా ఉన్నాయి. కాని *A*, *C* బిందువుల దగ్గర అవి లంబంగా లేవు. పరివేషపు బల రేఖలు రెండు దిశల్లో విడి

పోతాయి. అప్పుడవి అయస్కాంత బల రేఖలకి లంబంగానే కాకుండా వాటి అక్షం వెంబడి కూడా పనిచేస్తాయి. ఇప్పుడిక అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని లెక్కచెయ్యకపోవడం ఎలక్ట్రాన్‌వల్ల కాదు. దాని ప్రభాపరివేష బలాల అనుదైర్ఘ్య బలాలు (F_a, F_c) బాహ్య క్షేత్ర బలాలతో అన్యోన్య చర్య జరుపుతాయి. బిందువు *A* దగ్గర వికర్షణ బలం



ఏర్పడుతుంది. బిందువు *C* దగ్గర ఆకర్షణ బలం ఏర్పడుతుంది. ప్రభాపరివేషం ఎడమవైపుకి తిరుగుతుంది (ఎలక్ట్రాన్ కదులుతూ వుండగానే). ఎలక్ట్రాన్ తన మార్గం మార్చుకుంటుంది. కాని ఎలక్ట్రాన్ ఎడమవైపుకి తిరగగానే పరివేషంలోని *B*, *D* బిందువుల దగ్గర కూడా అన్యోన్య ప్రభావం ఏర్పడుతుంది.

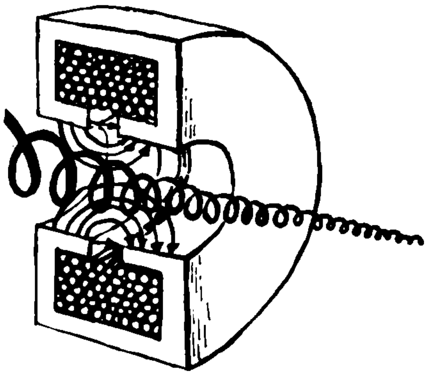
తిరిగి పైన చెప్పుకున్న మాదిరి వివరణని ఇస్తే, ఇక్కడ ఏర్పడే బలాలు ఎలక్ట్రాన్‌కి కిందనుంచి పైకి పంపుతాయనే విషయం మీకు అర్థమవుతుంది. ఏక కాలంలో ఎలక్ట్రాన్ కిందనుంచి పైకి, కుడి వైపునుంచి ఎడమవైపుకు చలిస్తోందంటే దాని ప్రక్షేప మార్గం ఎలా వుంటుందో ఊహించడం కష్టమేమీ కాదు. అది సరిగ్గా వృత్తంలా వుంటుంది.

ఆవిధంగా మార్గం మార్చుకున్న ఎలక్ట్రాన్ రెండు ప్రభావాలకి లోనవుతుంది. కేథోడ్ – రే గొట్టానికి చెందిన ఆనోడ్ ఎప్పటిలాగానే ఎలక్ట్రాన్‌ని తెర దగ్గరికి లాగుతుంది. అదే సమయంలో అయస్కాంత కటకపు క్షేత్రం దాన్ని వృత్తంలా తిరిగేలా చేస్తుంది.

ఎలక్ట్రాన్ మరి యిప్పుడు ఏంచేయగలదు? తెర దగ్గరకు వెళ్లాలి, కాని సరళ రేఖలో కాదు. చుట్టు తర్వాత చుట్టు తిరుగుతూ వలయాకారంలో ప్రయాణించాలి. విన్యాసాలు చేసే విమానం లాగా ఎలక్ట్రాన్ చుట్లు తిరుగుతూ చలిస్తుంది. ఇక్కడ ఎంతో కచ్చితంగా ఎలక్ట్రాన్ మార్గం లెక్కగట్టబడింది. ప్రతి చుట్టుకీ అయస్కాంత బలాలు ఎలక్ట్రాన్‌ని యింకా బలంగా తిప్పుతాయి. కాని చుట్లు మాత్రం తగ్గుతూ వస్తాయి. చివరికి తెరని చేరేసరికల్లా ఎలక్ట్రాన్ సరిగ్గా అక్షం దగ్గర వుంటుంది.

ఎల్క్ట్రాన్ మార్గం ఎంత కష్టమైనది! దాని కదలికలో ఏమాత్రం స్వేచ్ఛ అంటూ లేదు. అన్ని వైపుల నుంచీ అది బలాల ఒత్తిడికి గురవుతూంటుంది. ఆనోడ్ ఎల్క్ట్రాన్‌ని తిన్నగా తెరవైపు ఎగిరేలా చేస్తే, దానితోబాటు ఎగిరే సోదర ఎల్క్ట్రాన్‌లు దాన్ని అక్షం నుంచి పక్కకి తోసేస్తూంటాయి. తన మార్గం నుంచి కొంచెం పొరపాటున ఎల్క్ట్రాన్ పక్కకి తప్పుకుందంటే, అది అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావానికి లోనవుతుంది.

మళ్ళీ ఏమాత్రం స్వేచ్ఛ అంటూ దానికి వుండదు. ఇష్టమున్నా లేకపోయినా గిర్రున చుట్లు తిరుగుతూ వెళ్లాల్సి వస్తుంది.



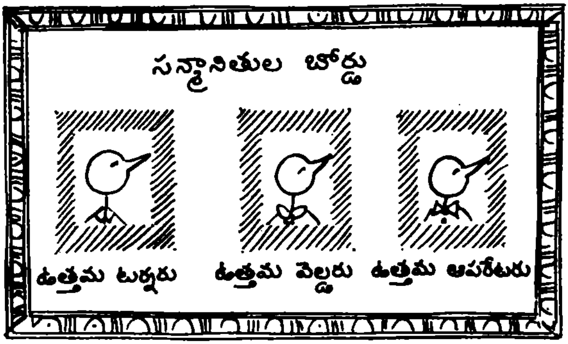
సరిగ్గా అటువంటి అనుకోని యిబ్బందులకే లోనవుతూంటాయి యితర ఎల్క్ట్రాన్‌లూనూ. క్షేత్రం పరుగులెట్టిస్తూంటే ఆ ఎల్క్ట్రాన్‌లన్నీ తెరమీద ఒకే ఒక బిందువుని తాకుతూ తెరమీద ఒక చిన్న ప్రకాశవంతమైన మచ్చని ఏర్పరుస్తాయి.

కిరణ పుంజం లోహాన్ని కోస్తుంది

ఇదీ మూలాంశం

3· 51

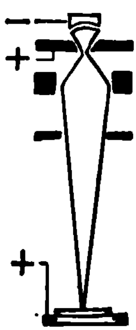
కేంద్రీకరించబడిన ఎల్క్ట్రాన్ కిరణ పుంజం అవసరం ఉన్నది ఒక్క టెలివిజన్‌కే కాదు, లోహ సంపాదనం (మెటల్ ప్రాసెసింగ్), లోహాలను కోయడానికి కూడా అది ఒక శ్రేష్ఠమైన సాధనంగా తయారయింది.

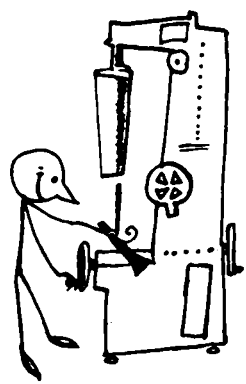


ఇటీవలి కాలంలో దగ్గర సంబంధం గల అనేక వృత్తులను రోజురోజుకీ ఎక్కువ విస్తారంగా ఎలక్ట్రాన్ తన వశం చేసుకుంటోంది. వెల్డరు, టర్నరు, గ్రయిండరు, స్మెల్టరు, మొదలైన వృత్తులలో ఎలక్ట్రాన్ అతి తక్కువ కాలంలో నైపుణ్యం సంపాదించుకుందనే విషయం గమనించాలి.

3. 52

శూన్య గది లోపల మార్పులకి గురిచేయవలసిన లోహాన్ని, మనకి తెలిసిన ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీలని ఉంచుతారు. కిరణపుంజం లోహాన్ని కోయాలంటే దానిలో ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య కేథోడ్-రే గొట్టంలోని ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య కంటే సుమారు 100 రెట్లు ఎక్కువగా ఉండాలి. అంతేకాకుండా కిరణపుంజం సన్నని సూది మొనలా కూడా ఉండాలి. దాని కోసం అయస్కాంతంతో కేంద్రీకరించడం ద్వారా కిరణపుంజం వ్యాసాన్ని కొన్ని మైక్రాన్లు మాత్రమే ఉండేలా తగ్గిస్తారు. అంత తక్కువ వ్యాసంలో ఎంత ఎక్కువ

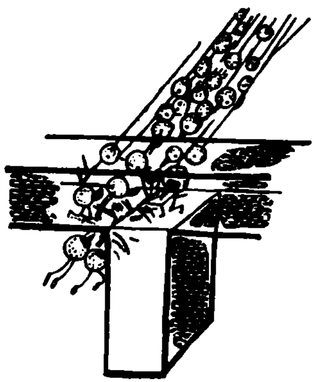




శక్తి కేంద్రీకరించబడుతుందంటే, దాన్ని ఒక చదరపు సెంటీమీటరు వైశాల్యానికి లెక్కగడితే ఆ శక్తి క్రాస్నోయార్స్క్ జల విద్యుత్ కేంద్ర టర్బైనుల శక్తికి సమానంగా ఉంటుంది. కిరణ పుంజం లోహాన్ని తాకే బిందువు దగ్గర సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత – సుమారు 6 000 డిగ్రీలు – ఏర్పడటంలో ఆశ్చర్యం ఏమీ లేదు. అటువంటి కిరణపుంజంతో ఎటువంటి లోహాన్నయినా, అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత దగ్గర కూడా కరగని లోహాన్నయినా కత్తితో వెన్నని కోసినంత సునాయసంగా కోసెయ్యవచ్చు. కదలకుండా స్థిరంగా ఉన్న కిరణపుంజంతో లోహంలో రంధ్రాలు చేయవచ్చు. క్షేత్రం సహాయంతో కిరణపుంజాన్ని కదపడం ద్వారా దాన్ని కోత యంత్రంలా ఉపయోగించుకోవచ్చు.

3. 53

అదేవిధంగా లోహాలని వెల్డ్ కూడా చేయవచ్చు. వెల్డ్ చేసేటప్పుడు కిరణపుంజ సామర్థ్యం కొన్ని పదుల కిలోవాట్ల దాకా ఉంటుంది. లోహాన్ని చేరిన ఎలక్ట్రాన్‌ల

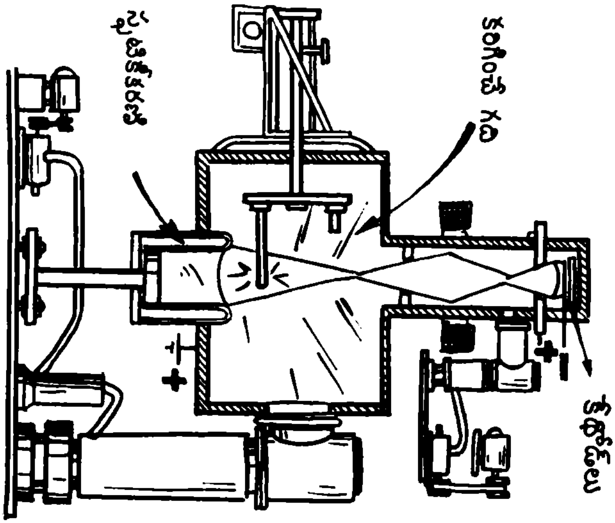


వేగాన్ని ఒక్కసారిగా తగ్గిస్తారు. అప్పుడు వాటి గతిజ శక్తి అంతా ఉష్ణంగా మారుతుంది. అలాంటప్పుడు 0.001–0.1 మిల్లీమీటర్ల లోతులో కిరణపుంజం ఇచ్చే ఆ శక్తి ఏ ఉష్ణ జనకంతో పోల్చినా వందల రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజ వాడకం వెల్డింగ్ టెక్నాలజీనంతటినీ మార్చేస్తుంది. ఉదాహరణకి, లోహాన్ని కొన్ని పొరలుగా వెల్డ్ చేయవచ్చు, లేకపోతే వేరుగా లోహపు రేకులో నుంచి T ఆకారంలో అతుకులు వేయవచ్చు.

చేతితో పట్టుకునే వెల్డింగ్ సాధనంతో వెల్డరు ఏనాటికీ సాధించలేని జటిలమైన, కచ్చితత్వంతో కూడిన వెల్డింగ్ పనులని ఆ పుంజంతో సాధించవచ్చు.

3. 54

ఎలక్ట్రాన్ వెల్డింగ్ ఎన్నో కొత్త అవకాశాలని కల్పించింది. లోహాన్ని కరిగించి, స్ఫటికీకరించడం ద్వారా అతి శుద్ధ పదార్థాలని పొందడంలో అది సహాయపడింది. అటువంటి అతి శుద్ధ పదార్థాలు రాకెట్, పరమాణు ఇంజనీరింగులలో చాలా అవసరం. పైగా అటువంటి పదార్థాలు లేకుండా అసలు ఎలక్ట్రానిక్స్‌కే పనిజరగదు. అర్ధవాహకాలలో ఉపయోగించే జెర్మానియంలో ఒక కిలోగ్రాముకి గ్రాములో 10 మిలియన్ల

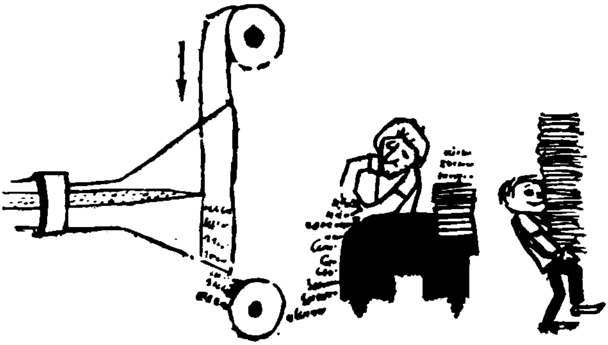


వంతుకి మించి ఇతర పదార్థాలు (మలినాలు) ఉండకూడదు (అంటే, కేవలం వంద మిలియన్లో వంతు శాతం మాత్రమే!). దాన్ని ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాల సహాయంతోనే సాధించవచ్చు. దానికి కిరణపుంజం పవర్‌ని ఒకటిన్నర వేల కిలోవాట్‌లు ఉండేలా చేయాలి. కరిగించాల్సిన లోహాన్ని ఆనోడ్ స్థానంలో ఉంచుతారు. కరిగిన లోహం స్ఫటికీకరణి (క్రిస్టలైజర్) లోకి కారుతుంది. ఇతర పదార్థాలు ఆవిరైపోయి ద్రవీభవన గదిలో గోడల మీద పేరుకుంటాయి.

కావలసిన శుద్ధత కలిగిన లోహం వచ్చేదాకా పై ప్రక్రియని ఎన్నో సార్లు తిరిగి తిరిగి కొనసాగిస్తారు.

3. 55

ఇంకో కొత్త చోట – కొత్త పద్ధతిలో పుస్తకాలని ప్రచురించడంలో కూడా ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజం సాధనపు అమరిక టెలివిజన్‌ని పోలివుంటుంది. కాని తెరకి బదులుగా కాగితపు రిబ్బను ఉంటుంది. దాని మీద కిరణపుంజం ఒక లైను తర్వాత మరో లైనుని స్కాన్ చేస్తుంది. ముద్రించవలసిన మూలపాఠ ప్రతిబింబంతో కిరణ పుంజాన్ని మాడ్యులేట్ చేస్తారు. అది కాగితం మీద ఆవేశాన్ని విడిచిపెడుతుంది. చూర్ణీకరించబడిన ముద్రణ రంగులు, ఆవేశపూరితమైన కాగితం గదిలోపల కలుసుకుంటాయి. కాగితం రంగుల అంశాలని ఆకర్షించుకుంటుంది. ఆవిధంగా ఫోటో పేపరు మీద మాదిరిగా అక్షరాలు కాగితం మీద ముద్రించబడతాయి. అటువంటి సాధనం సెకనుకు



25* అచ్చు కాగితాలని తయారు చేయగలుగుతుంది. లేకపోతే నిముషానికి 1500 పేజీలని అచ్చు వేస్తుంది. అదే మామూలు రోటరి అచ్చుయంత్రం మీద అయితే ఒక నిముషానికి 30 పేజీలు మాత్రమే అచ్చవుతాయి.

అణువుని ఎలా చూడగలం?

''పరమాణువు లాగా ఎలక్ట్రాన్ కూడా అక్షయమే'' అన్నాడు లెనిన్, ఈ శతాబ్దారంభంలోనే. భౌతికశాస్త్రం అభివృద్ధి చెందిన కొద్దీ లెనిన్ చెప్పిన విషయాన్నే అది రుజువుచేసింది.

ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరణ అన్నది ఆ ఎలక్ట్రాన్ కణంతో తొలి ''కరచాలనం లాంటి పరిచయం'' మాత్రమే. కాని ఎలక్ట్రాన్ లోపలికి తొంగి చూసి, దాని నిర్మాణం ఎలా వుందో తెలుసుకోవడం — ఇదీ తర్వాతి సమస్య. దీన్ని ఇంకా పరిష్కరించాల్సి వుంది.

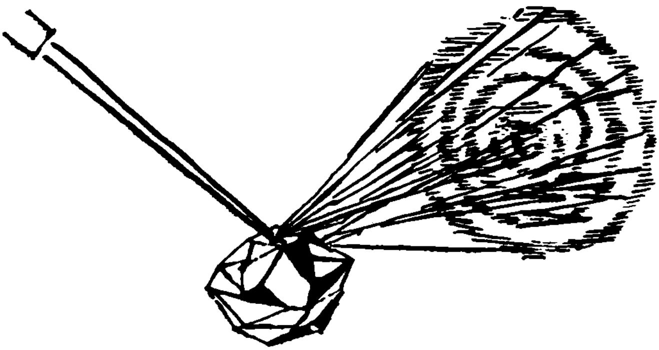
ఎలక్ట్రాన్ ప్రవర్తనలో ఏ ప్రత్యేక లక్షణాలనైతే మనం పరిశీలించగలుగుతున్నామో ప్రస్తుతానికి అవి మాత్రమే మనకి తెలుసు. ఇక్కడ కూడా మనకి ప్రతీదీ స్పష్టంగా తెలియదు.

మనకి తెలిసిన అనేక దృగ్విషయాలలో ఎలక్ట్రాన్ ఒక ఆవేశితమైన కణంగా ప్రవర్తిస్తుంది. అయితే ఎలక్ట్రాన్ తరంగంలా ప్రవర్తించే సందర్భాలు భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులకి తెలుసు.

---

* టెలివిజన్ ప్రసారాల్లో కూడా అటువంటి వేగమే. ఇక్కడది సెకనుకు 25 ఫ్రేములు.

స్ఫటికం నుంచి పరావర్తనం చెందిన కాంతి కిరణపుంజాలు తెర మీద పడితే దాని మీద తరంగాల వ్యతికరణ చిత్రాన్ని చూడవచ్చు. దాన్ని తేలిగ్గా వివరించవచ్చు. చిన్నచిన్న విడి స్ఫటికాల ద్వారా పరావర్తనం చెందిన తరంగాలు ఒక దాని మీద మరొకటి పడుతూ కలుసుకుంటాయి. రెండు తరంగాల శృంగాలు ఎక్కడైతే కలుస్తాయో అక్కడ తరంగం శక్తివంతమవుతుంది. కాని శృంగం, ద్రోణితో కలిస్తే చీకటి భాగం ఏర్పడుతుంది. స్ఫటికానికి ఒక క్రమబద్ధమైన నిర్మాణం ఉంటుంది కాబట్టి, తెర మీద కాంతివంతమైన, కాంతిహీనమైన చారలు ఒక దాని తర్వాత మరొకటి ఒక స్పష్టమైన నిర్దిష్ట క్రమంలో ఏర్పడతాయి.



తరంగాల సంగతి అలా ఉంటుంది. మరి ఎలక్ట్రాన్ కిరణాలు స్ఫటికం నుంచి పరావర్తనమైనప్పుడు కూడా అటువంటి చారలే ఎందుకు ఏర్పడతాయి? అంటే ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజానికి కూడా శృంగాలూ, ద్రోణులూ ఉంటాయనేగా, అదీ తరంగమనేగా? అలాగైతే ఎలక్ట్రాన్‌లు అంటే ఏమిటి, కణాలా లేక తరంగాలా?

1924వ సంవత్సరంలో ఈ ప్రశ్నకి జవాబు చివరికి మనకి తెలిపిన ఆ భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడే, లూయి దె బ్రోగ్‌లీ ఇచ్చాడు. అటువంటి జవాబు అసలు ఎవరికీ తట్టనైనా తట్టదు. ఎలక్ట్రాన్ ఏకకాలంలో 'కణంగానూ, తరంగంగానూ కూడా' ప్రవర్తిస్తుంది. దె బ్రోగ్‌లీ ఒక ప్రఖ్యాత ఫార్ములాని ప్రతిపాదించాడు. ఆ ఫార్ములాని ఉపయోగించుకుంటూ, అందులో ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి విలువనీ, ఎలక్ట్రాన్ చలించే వేగాన్నీ ఉంచడం ద్వారా ఎలక్ట్రాన్ తరంగ దైర్ఘ్యాన్ని తేలిగ్గా లెక్కగట్టవచ్చు.

స్వంత ఇచ్ఛ వున్న ఎలక్ట్రాన్

పైన చెప్పుకున్న ద్వంద్వ ప్రవృత్తికి భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు అలవాటు పడిపోయారు. ఎందుకంటే విద్యుదయస్కాంత తరంగమైన కాంతి, పదార్థిక కణాలయిన ఫోటాన్‌లతో ఏర్పడుతుంది కదా. ఎన్నో రకాల పదార్థాలకి ఆ ధర్మం ఉంటుందనేది స్పష్టం. కేంద్రక క్షేత్రాలలో మీసాన్‌లు వుంటాయి. గురుత్వాకర్షణ నియమానికి కూడా అదే విధమైన ద్వంద్వ ప్రవృత్తి ఉందేమోనని అనుమానిస్తున్నారు. ఒక వైపున గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రం, రెండో వైపున ఇంకా కనుగొనబడని కణం — గ్రావిటాన్ అనేది ఉందేమో.

కాని అన్నింటికి ఒకే "కొలతబద్దని" ఉపయోగించకూడదు.

వాటి సమీకరణాల్లో పోలిక వున్నా, ఎలక్ట్రాన్ తరంగం విద్యుదయస్కాంత తరంగం రెండూ ఒకటే కాదు. ఎలక్ట్రాన్ తరంగం సంభావ్యతా తరంగం, భౌతిక తరంగం కాదు, అది ఒక గణిత తరంగం.

తెర మీద కాంతిహీనమైన చారలు సంభావ్యతా తరంగాల ద్రోణులకి చెందినవి. ఈ ప్రాంతానికి ఎలక్ట్రాన్ చేరే సంభావ్యత అత్యల్పంగా ఉంటుంది. తరంగ శృంగం అత్యధిక సంభావ్యతకి సరిపోతుంది. తెర మీద ఏ బిందువుల దగ్గరైతే సంభావ్యతా తరంగాల శృంగాలు ఉంటాయో, ఆ బిందువులని ఎక్కువ ఎలక్ట్రాన్‌లు చేరుతాయి. అంతా తర్కబద్ధంగానే ఉంది. కాని అదే సమయంలో...

ఎందుకు కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లేమో ఎక్కువ సంభావ్యత ఉన్న బిందువులని, మిగిలినవి తక్కువ సంభావ్యత ఉన్న బిందువులని చేరుతాయి? ఉండటానికి అవన్నీ సర్వసమాన పరిస్థితుల్లోనే ఉంటాయి కదా! అలాంటప్పుడు అవెందుకు భిన్నభిన్నంగా ప్రవర్తిస్తాయి?

కొంతమంది భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు ఆ దృగ్విషయాన్ని మాచాయగా ఇలా వివరిస్తున్నారు. ఎలక్ట్రాన్ దానంతటదే తన మార్గాన్ని ఎన్నుకుంటుంది. వాళ్ల అభిప్రాయంలో ఎలక్ట్రాన్‌కి "పూర్తి స్వేచ్ఛ" ఉంటుంది. "ఎటు కావాలనుకుంటే అటే ఎగురుతా" అదీ దాని వ్యవహారం.

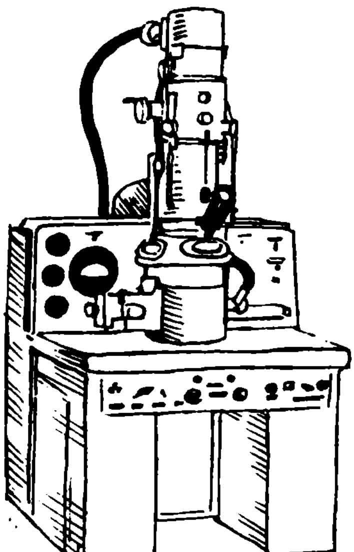
అటువంటి అభిప్రాయాలని కొంచెం జాగ్రత్తగా పరిశీలించాల్సి వుంది. ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవర్తనలో తేడా సాంఖ్యక శాస్త్ర నియమాలని పాటిస్తూ ఉంటుంది. ఆ నియమాలే ఎలక్ట్రాన్ కణాలకి వుండే బ్రహ్మాండమైన ద్రవ్యరాశి చలనాన్ని నిర్దేశిస్తాయి.

ప్రకృతి నియమాలు కొన్ని ఉన్నాయి. వాటిని మానవుడు అర్థంచేసుకుని, ఉప

యోగించుకుంటాడు. మరి అలాంటప్పుడు ఎలక్ట్రాన్‌కి పూర్తి స్వేచ్ఛ ఉందనడం దేనికి? ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్ర అంతా, ఎలక్ట్రాను, ప్రకృతి నియమాలకి కట్టుబడి ఉంటుందనే విషయాన్నే కదా మనకి నొక్కి చెప్తోంది. ఆ నియమాలని ఉపయోగించు కోవడం ద్వారా మనిషి ఇష్టానుసారం అది నడుచుకునేట్లు చేయవచ్చుగా!

కిరణమా లేక తరంగమా?

ప్రకృతిలో ఎలక్ట్రాన్ తరంగాలు అంటూ ఉన్నాయి, కాబట్టి వాటి నుంచి కూడా లాభాలని రాబట్టవచ్చు. కాంతి తరంగాలతో పోల్చుకుంటే వాటికో మంచి వీలు ఉంది. అదేమిటంటే కాంతి తరంగం కంటే ఎలక్ట్రాన్ తరంగం బాగా హ్రస్వ మైనది.



సముద్రపు ఒడ్డున పెద్ద బండ రాళ్ళు ఉన్నచోట సముద్రతరంగాలు ఎలా విరుచుకుపడతాయో గమనించారా! చిన్న పరిమాణంలో ఉన్న రాళ్లని తరంగం అసలు పట్టించుకోదు. ఏ మాత్రం జాడలు మిగల్చకుండా ముందుకు పయ నిస్తుంది. పెద్ద రాళ్ళ దగ్గర పరిస్థితి వేరేగా ఉంటుంది. పెద్ద బండ అడ్డు తగలగానే తరంగం వెనుదిరిగి దాని వెనకాలే వస్తున్న తరంగానికి ఎదురు వెళ్లి ఢీకొంటుంది. దాని ఫలితంగా కలిగే ప్రభావాన్ని బండ కింద ఒక జాడగా చూడవచ్చు.

కాంతి తరంగం కూడా సరిగ్గా అలాగే ప్రవర్తిస్తుంది. తన తరంగదైర్ఘ్యం కంటే తక్కువ పరిమాణంలో ఉన్న వస్తువుల నుంచి అది పరావర్తనం చెందదు. కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం కంటే తక్కువ దూరంలో వున్న రెండు వస్తువులకి మధ్య నుండే తేడాని గుర్తించడం సాధ్యం కాదు. అందువల్లనే దృశా సూక్ష్మదర్శినికి వుండే అవకాశాలు పరిమితమైనవి: వస్తువును పెద్దదిగా చేసి చూపించే కటకాల వ్యవస్థగుండా ప్రయాణం చేసేది, కాంతి తరంగమే కదా.

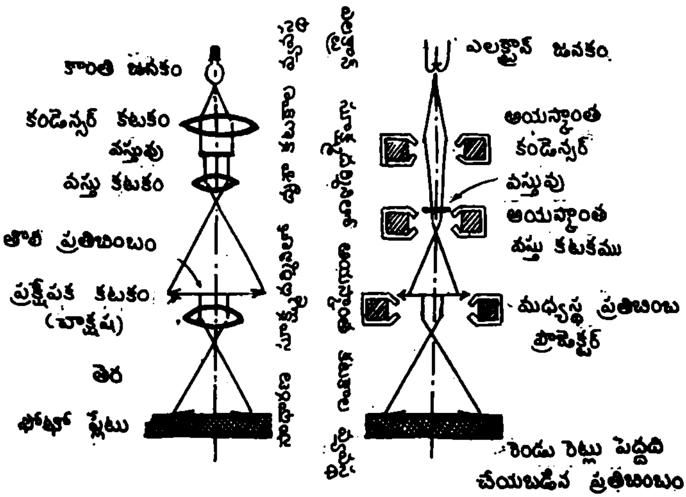
ఇక్కడ మనం చూడగలిగే అతి చిన్న వస్తువుని కాంతి తరంగాలతో కొలవవచ్చు. దాని పొడవు మిల్లీమీటర్లో పదివేలో వంతు. ఇంకా కచ్చితంగా చెప్పాలంటే 0.4 మైక్రాన్ (ఊదారంగు) నుంచి 0.7 మైక్రాన్ల (ఎరుపురంగు) వరకు ఉంటుంది. చిత్రం కనిపించాలంటే ఆ వస్తువు పరిమాణం మైక్రాన్లో పదవ వంతుని మించి ఉండాలి. అప్పుడు మాత్రమే ఆ వస్తువును కంటితో చూడగలిగేలా పెద్దది చేయవచ్చు. అంటే కొన్ని మిల్లీమీటర్ల దాకా పెద్దది చేయవచ్చు. దానర్థం కొన్ని వేల రెట్లు వస్తువుని పెద్దదిగా చూడవచ్చన్నమాట.

దృశా సూక్ష్మదర్శిని చేయగలిగినదంతా ఇంతే.

ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్‌తో వ్యవహారం ఇంకోలా ఉంటుంది. దీనిలో ఎలక్ట్రాన్ తరంగాలు పనిచేస్తూంటాయి. ఈ తరంగాలు కాంతి తరంగాల కంటే ఇంకా 100 000 రెట్లు హ్రస్వమైనవి. ఎలక్ట్రాన్‌లకి ఒక నిర్దిష్ట వేగాన్ని ఇస్తే చాలు, అవి దె బ్రోగ్లీ ఫార్ములాకి అనుగుణంగా, కావాల్సిన తరంగదైర్ఘ్యం ఉన్న తరంగాలుగా మారతాయి. అయితే అదంత సులభంగా జరిగే పనేమీ కాదు. ఎందుకంటే, ఎలక్ట్రాన్‌లకి కావల్సిన వేగాన్ని కల్పించాలంటే ఆనోడ్ దగ్గర వోల్టేజి కొన్ని లక్షలు ఉండేలా చేయాలి.

సాధారణ సూక్ష్మదర్శినిలోని దృశా కటకాలకి బదులు మనకి తెలిసిన అయస్కాంత కటకాలని విజయవంతంగా వాడవచ్చు.

కాంతి తరంగం చూడగలిగే వస్తువు కంటే 100 000 రెట్లు చిన్నదిగా వుండే వస్తువుని ఎలక్ట్రాన్ తరంగాలు గమనించగలవు. అయితేనేం, అటువంటి చిన్న



వస్తువులని చూడటంలో మైక్రోస్కాన్ మనకి సహాయంచేయలేదు. ఎందుకంటే అయ స్కాంత కటకాలు దృశా కటకాల లాగా కిరణాన్ని కేంద్రీకరించలేవు. ఎలక్ట్రాన్ మైక్రో స్కోప్ దృశా సూక్ష్మదర్శిని కంటే ఎక్కువగానే వస్తువును పెద్దది చేసి చూపించగలదు, కాని అది 100 రెట్లు మాత్రమే ఎక్కువ పెద్దదిగా చేయగలదు.

"ఓస్, అంతేనా..." కాని అది తక్కువేమీ కాదు. ఏమైనప్పటికీ ఎలక్ట్రానిక్స్ పుణ్యమా అనే మనిషి అణువుని చూడగలిగాడు, వైరస్‌లు ఎలా అభివృద్ధి చెందుతాయో పరిశీలించగలిగాడు, ప్రోటీన్ల నిర్మాణాన్ని అధ్యయనం చేయగలిగాడు. ఆవిధంగా సంపా దించిన జ్ఞానంతోనే జీవశాస్త్రం మరొక పెద్ద అంగ ముందుకు వేయగలిగింది.

మెదడు వికిరణం చేసేది ఏమిటి?

రష్యన్ ఫెడరేషన్ విజ్ఞానశాస్త్ర పరిషత్తులోని ఒక ప్రయోగశాలలో, ఎ. ఎస్. సొకొలొవ్ ఆధ్వర్యంలో ఆసక్తికరమైన ఒక నూతన సమస్య మీద ప్రయోగాలు జరిపారు. అవేమిటంటే, ఉచ్చరించని మాటలని విశ్లేషించడం, నమోదు చేయడమూను. ప్రయో గాలు ఏం చూపెట్టాయి?

మనం మాటని ఉచ్చరించడానికి సెకనులో కొన్ని పదుల వంతు కాలం ముందే, మాట పలకడానికి ఉద్దేశించబడిన అవయావాలకి మెదడు నుంచి సంకేతం అందుతుందని తేలింది. ఎవరిమీదైతే ప్రయోగం జరుపుతున్నామో ఆ వ్యక్తి నాలికకో లేక పెదవులకో ప్రత్యేకమైన ఎలక్ట్రోడ్‌లని కలిపితే ఆ సంకేతాలని పట్టుకోవచ్చు. చివరికి మనసులో పలికి ఇంకా మాట శబ్దంగా రాకపోయిన సందర్భాల్లో కూడా సంకేతాలని నమోదు చేయవచ్చు.

దానర్థం ఆలోచనలని చదవడమనేగా? అవును, కొంతవరకు అలాగనే. కానయితే బయోపొటెన్షల్‌లు అనబడే ఆ సంకేతాలని విశ్లేషించడం అంత తేలికేమీ కాదు. కొన్ని విజయాలు ఇప్పటికే సాధించబడ్డాయి. ఉచ్చరించని కొన్ని విడి శబ్దాలని చద వడం సాధ్యమని తెలుసుకున్నారు. ఆలోచనా ప్రక్రియకి, బయోపొటెన్షల్‌లకి మధ్య ప్రత్యక్ష సంబంధం ఉందనే విషయం రుజువుచేశారు. ప్రయోగానికి లోనయిన వ్యక్తిని ఎంత కష్టమైన ప్రశ్న అడిగితే, నమోదు చేయబడిన బయోపొటెన్షల్ అంత ఎక్కు వగా ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకపోతే ఒక్క అడుగు కూడా ముందుకు వేయడం సాధ్యమయేది కాదు. బయోపొటెన్షల్‌ని నమోదు చేయాలంటే అతి బలహీనమైన సంకేతాన్ని ఎంతో శ్రవంచేయాలి. అటువంటి సంకేతాల విశ్లేషణని కంప్యూటర్ల సహాయంతో చేస్తారు.

ఆ సంకేతాలని, ఎక్కడైతే అవి పుడుతున్నాయో అక్కడే పట్టుకోవడం సాధ్యప డదా? సంకేతాలని పంపేది మెదడు కదా. మెదడులో పుట్టే బయోకరెంట్స్‌ని ఎన్‌సె ఫలోగ్రామ్ రూపంలో నమోదుచేయడం ఎల్రక్టానిక్స్ వల్ల సాధ్యమవుతోంది. దాని కోసం తలలో వేర్వేరు భాగాలకి ఎల్రక్టోడ్‌లని కలుపుతారు. కలయిక (స్పర్శా ప్రాంతాలు) బాగా ఉండటానికి ఎల్రక్ట్రోడ్‌లలో ముద్దలాంటి ఒక విద్యుత్ వాహక పదార్థాన్ని ఉంచు తారు. ప్రతీ ఎల్రక్ట్రోడ్ నుంచీ విద్యుత్తు తన స్వంత ఆంప్లిఫైయర్‌కి పంపబడు తుంది. ఆంప్లిఫైయర్ అవుట్‌పుట్ నుంచి బయలుదేరిన సంకేతాన్ని విద్యుత్ — యాంత్రిక రికార్డరుకో లేక ఒక ప్రత్యేకమైన తెరకో చేరుతుంది. ఆ తెర మీద గాని రికార్డరు రిబ్బను మీద గాని ఎంతో క్లిష్టమైన, అనేక రూపాలు గల వక్రాలని చూస్తాం. ఈ వేర్వేరు వక్రాలన్నీ కార్టెక్స్ (వల్కలం) లోని వేర్వేరు భాగాలకి చెందుతాయి. 30 బిందువుల నుంచి, 30 రకాల వక్రాలన్నమాట.

ప్రతీ బిందువూ తనలో మిలియన్ల కొద్దీ కణాలని ఇముడ్చుకుని ఉంటుందని అలాగే ఆ కణాల గుండా అసంఖ్యాకమైన భిన్నభిన్న స్పందనాలు ప్రసరిస్తూంటాయనే విషయం లెక్కలోకి తీసుకుంటే, ఆ సంకేతాన్ని విశ్లేషించడం ఎంత కష్టమో మనకి అర్థమవుతుంది. నగరంలో ఒక కొస నుంచి రెండో కొసకి వేలాది టెలిఫోన్ సంభాష ణలని కలిపే ప్రధాన కేబుల్‌ని తీసుకుని వింటే, ఒకే సమయంలో ఉచ్చరించే వేలాది మాటల్లో ఒక్క విడి మాట కూడా మనకి స్పష్టంగా అర్థమవదు. సరిగ్గా అలాగే పై సంకేతాన్ని అర్థంచేసుకోడం కష్టం. కాబట్టి ప్రస్తుతానికింకా అతి సామాన్య మైన విషయాలు అర్థమవగలవని చెప్పడంలో ఆశ్చర్యం ఏమీ లేదు. మెదడు పంపే ఏ సంకేతాన్ని, ఏ కణం తీసుకువెళ్తోందో, ఎన్‌సెఫలోగ్రామ్ ద్వారా మనిషి గాఢమైన నిద్రలో ఉన్నాడో లేక మెలుకువుగా ఉన్నాడో మొదలైనవి మాత్రం తెలుసుకోగలం.

మాటల్నీ, ఆలోచనల్నీ విశ్లేషించడం సంగతి మాట్లాడటానికి చేయవలసింది ఇంకా చాలా ఉంది.

ఒకవేళ ఈ సమస్యా పరిష్కారానికి ఇంకా ఇతర మార్గాలున్నాయేమో? అందు లోనూ మెదడు నుంచి మెదడుకు నేరుగా ఆలోచనల రూపంలో సమాచారం అప్పుడ ప్పుడు ప్రసరిస్తూంటుందని గమనించారు. మన ఎల్రక్టానిక్స్ శతాబ్దంలో పై విష యానికి కారణం ఏవో మానవాతీత శక్తులని ఎవరైనా నమ్ముతారనుకోను. మాడ్యులే షన్ ద్వారా వాహక సంకేతం మీద టెలివిజన్ చిత్రాలని ప్రసారం చేయడం సాధ్యప డుతూంటే, సరిగ్గా అదే పద్ధతిలో ఎవరి మెదడు లోనైనా కంటితో చూడగా ఏర్పడిన దృశ్యాన్ని ఎందుకు ప్రసారం చేయలేం? టెలిపతి అనేది ఉన్నప్పుడు, మెదడు పంపే

వికిరణాలని గ్రహించడంలో టెలిపతి నిపుణుడికి తీసిపోని గ్రాహకాన్ని ఎందుకు నిర్మించలేం?

నిజంగానే అటువంటి గ్రాహకాన్ని తయారుచేయగలమేమో? కాని దానికి టెలిపతి జరిగే సమయంలో ఆలోచనని మోసుకువెళ్లే వాహక సంకేతాల స్వభావాన్ని ముందుగా అర్థంచేసుకోవాలి. అవి పూర్తిగా ప్రత్యేక స్వభావాన్ని కలిగివుంటాయి. ఉదాహరణకి, ఎంత దూరంలో ఉన్నా సరే (భూమి మీద) టెలిపతి సహాయంతో సమాచార సంబంధాలు సాధ్యమని రుజువయింది. ఇంకో విషయం ఏమిటంటే వాటికి ఏ రకం అడ్డంకులు ఇబ్బంది పెట్టవు. ఆలోచనల రూపంలో సమాచారాన్ని పంపేవాడికి, ఆ సమాచారాన్ని గ్రహించేవాడికి మధ్యలో విద్యుత్తు, అయస్కాంత క్షేత్రాలు చొరబడలేని వేర్వేరు తెరల నుంచి చూశారు. కాని అవేవీ టెలిపతి మీద ఎటువంటి ప్రభావాన్ని చూపలేదు. శాస్త్రజ్ఞులని ఇదెంతో తికమక పెడుతోంది. ఇప్పటి వరకూ పరిశోధించబడిన కణాల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వేటికీ పైన పేర్కొన్న ధర్మాలు లేవు. అంటే, మెదడు పంపే ఆలోచనల సమాచారం ఏదో వేరే వాహక తరంగం ద్వారా ప్రసరిస్తోందన్న మాట. కాని ఏ తరంగం? ఇప్పటికింకా ఆ విషయం ఎవరికీ తెలియదు. ప్రస్తుతానికింకా పరికల్పనలని చేయడం, తర్వాత వీలైనంతవరకు వాటిని నిరూపించడం మాత్రమే మనం చేయగలిగేది. ఉదాహరణకి, అటువంటి అపురూపమైన ధర్మాలున్న కణం ఒకటి ప్రకృతిలో ఉందనుకుందాం. మనం చెప్పుకునేది మ్యూట్రినో సంగతి. మ్యూట్రినో కాంతి వేగంతో చలిస్తుంది. విరామంలో ఉన్నప్పుడు దాని ద్రవ్యరాశి సున్న. ఈ విషయంలో, దీనికీ, ఫోటాన్‌కీ మధ్య చాలా పోలికలున్నాయి. కాని మ్యూట్రినోకి తన స్వతస్సిద్ధమైన ప్రత్యేక ధర్మాలూ ఉన్నాయి. ముఖ్యంగా ఈ కణానికి ఎటువంటి అడ్డంకులూ ఉండవు. మ్యూట్రినో ఇతర కణాలతో చాలా తక్కువగా అన్యోన్యచర్యలో దిగుతుంది. అందువల్ల మ్యూట్రినో ప్రయాణాన్ని ఏదీ ఎటువంటి అడ్డాలున్నా, అడ్డు పెట్టు లేదు. చివరికి మొత్తం భూగోళం అంతా, అలాగే మనకీ, సూర్యుడికీ మధ్య వున్న దూరానికి మిలియార్డు రెట్లు ఎక్కువ మందమున్న పోత ఇనుమూ కూడా దానికి పారదర్శక పదార్థాల్లాంటివే!

ఆలోచనా సమాచారాన్ని మోసుకెళ్లేవి ఒకవేళ మ్యూట్రినోలేమో? అయితే, ''కణాల మీద'' చిత్రాలని పంపడం సాధ్యమయే పనేనా? సాధ్యమే. ఎందుకంటే, రేడియో తరంగాల్లో కూడా చివరికి కణాలే ఉంటాయి కదా! అటువంటి తరంగంలో ఫోటాన్‌లు ఉంటాయని ఐన్‌స్టైయిన్ రుజువుచేశాడు. అలాంటప్పుడు ఫోటాన్‌లని పోలి వున్న మ్యూట్రినోలు కూడా మ్యూట్రినో తరంగాలుగా ఏర్పడతాయని ఎందుకు అనుకోకూడదు? నిజానికి, అటువంటి తరంగాలని ఇంకా ఎవరూ గమనించలేదు. అయితేనేం? రేడియో తరంగాల్ని

మాక్స్‌వెల్ ఆవిష్కరించిన నాటి నుంచి ఎంతో కాలం తర్వాత మాత్రమే కదా వాటిని పట్టుకోగలిగారు. అవి కణాలతో ఏర్పడి వున్నాయని అనుమానించకుండానే ఎంతకాలం రేడియో తరంగాల్ని వాడుకోలేదు?

న్యూట్రినో తరంగాలతో వ్యవహారం దానికి భిన్నంగా ఉంటుందేమో? ప్రస్తుతానికి కణం మాత్రమే ఆవిష్కరించబడింది. న్యూట్రినో తరంగాల క్షేత్రం తర్వాత ఆవిష్కరించబడుతుందేమో?

ప్రకరణం 4

పౌనఃపున్యాల మాపకంలో పైన

ఏళ్ళు గడిచిన కొద్దీ మానవజాతి రానురాను, హ్రస్వ, అతి హ్రస్వ తరంగాలను ఎలా స్వాధీనం చేసుకుందో అత్యధిక పౌనఃపున్యాలను (సూపెర్ హై ఫ్రీక్వెన్సీ) వశం చేసుకునే సమయంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎలాంటి మార్గం ద్వారా వెళ్లిందో ఈ ప్రకరణంలో మీరు తెలుసుకుంటారు.

అన్ని తరంగాలూ అవసరమే

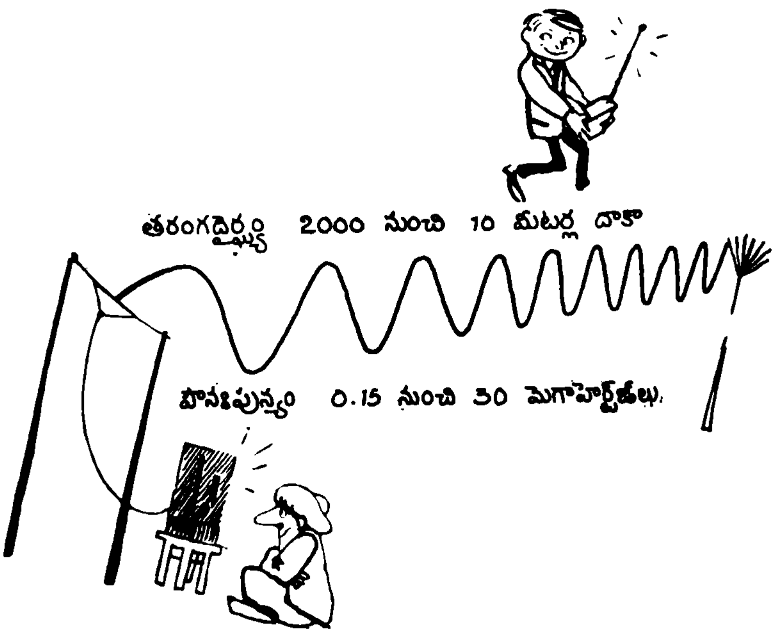
ఇదీ మూలాంశం

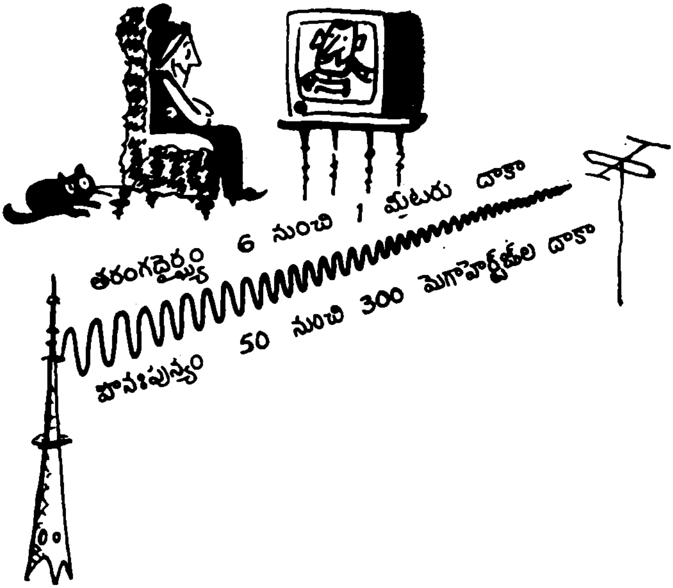
4. 1

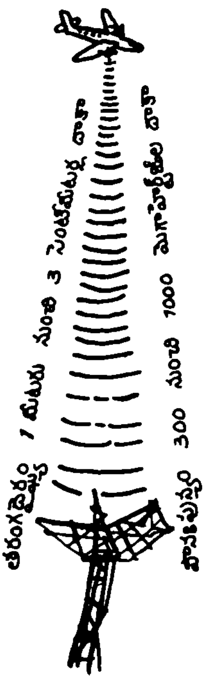
ఆధునిక సాంకేతికశాస్త్రం వేర్వేరు పొడవులున్న తరంగాలని రకరకాల లక్ష్యాలకి ఉపయోగించుకుంటోంది. ఆ శాస్త్రానికి ఎలక్ట్రానిక్స్ పై తరంగాల్ని సరఫరా చేస్తోంది. కొన్ని కిలోమీటర్ల పొడవు నుంచి మైక్రాన్‌లో మిలియనో వంతు వరకు పొడవు ఉన్న అనేక తరంగాలని పొందడానికి ఎన్నో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలున్నాయి.

4. 2

రేడియో సమాచార సంబంధాల కోసం రెండు కిలోమీటర్ల నుంచి పది మీటర్ల వరకు తరంగ దైర్ఘ్యాలు గల తరంగాలని ఉపయోగిస్తుంటారు.







3. 14 చిత్రంలో ఇవ్వబడిన ఫార్ములా ప్రకారం రెండు కిలోమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యానికి 0. 15 మెగా హెర్ట్జ్ (లేక 150 కిలోహెర్ట్జ్‌లు) పౌనఃపున్యం సరిపోతుంది, 10 మీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యానికి 30 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం సరిపోతుందని తేలిగ్గా లెక్కగట్టవచ్చు.

4. 3

రేడియో తరంగపట్టీ (వేవ్ బేండ్) పక్కనే టెలివిజన్ తరంగ పట్టీ ఉంటుంది. టెలివిజన్ ప్రసారాల్లో ఒకటి నుంచి ఆరు మీటర్ల వరకు తరంగ దైర్ఘ్యం గల తరంగాలని ఉపయోగిస్తారు. వాటికి సరిపోయే పౌనఃపున్యాలు 300 నుంచి 50 మెగా హెర్ట్జ్‌లు. ఆ విధంగా టెలివిజన్ ప్రసారాలు ఉపయోగించే తరంగ పట్టీ వెడల్పు 300—50=250 మెగాహెర్ట్జ్‌లు.

4. 4

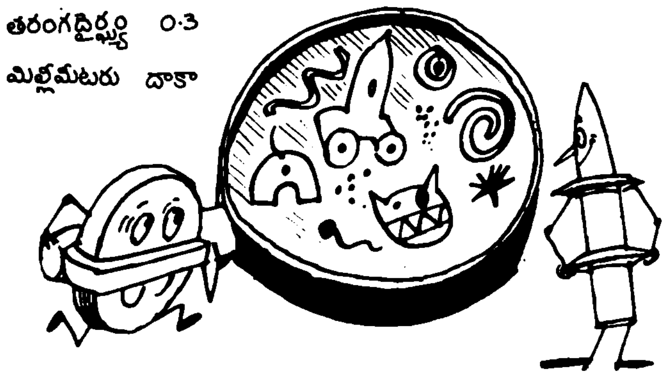
టెలివిజన్ తరంగ పట్టీని అనుసరిస్తూ రాడార్ పట్టీ ఉంటుంది. కొన్ని మీటర్ల నుంచి (తరచు మీటరు కంటే తక్కువగా) మూడు సెంటీమీటర్ల (300 నుంచి 10 000 మెగా హెర్ట్జ్‌లు) వరకు ఉండే తరంగదైర్ఘ్యాలని రాడార్‌లో ఉపయోగిస్తారు. ఆ పౌనఃపున్యాల పట్టీ వెడల్పు 10 000—300=9 700 మెగాహెర్ట్జ్‌లు ఉంటుంది.

ఆ తరంగ పట్టీ ఎంత వెడల్పయినదిగా ఉంటుందంటే, అందులో అన్నింటికీ స్థలం సరిపోతుంది. దాన్ని రేడియో సమాచార సంబంధాల్లో ఇంకా విస్తృతంగా వాడుతున్నారు. ఆ సంబంధాలని ఇంకా ఎక్కువ దూరాలతో ఏర్పరచుకోవడానికి, కృత్రిమ ఉపగ్రహాల మీద ఉంచబడిన రిలే ట్రాన్స్‌మీటర్‌లని ఉపయోగిస్తున్నారు.

సెంటీమీటరు తరంగాల్ని ప్రత్యేకమైన పరికరాల – ఉదాహరణకి, మాగ్నెట్రాన్, క్లిస్ట్రాన్ లేక పయనించే తరంగ గొట్టాల – సహాయంతో పొందుతారు.

4. 5

గత కొన్ని సంవత్సరాలుగా ఎలక్ట్రాన్ పరికరాల్లో ఎన్నో కొత్తవి వచ్చి చేరాయి. ఆ కొత్త పరికరాలు మిల్లీమీటరు, అంతకు మించి ఇంకా హ్రస్వమైన (సబ్‌మిల్లీమీటర్) తరంగాలని ఉత్పత్తి చేస్తాయి.



పౌనఃపున్యం 1 మిలియన్ మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా

అలాగే డయొక్ట్రాన్‌లు, కర్సినొట్రాన్‌లు, హార్మొడొట్రాన్‌లు, మైక్రొట్రాన్‌లు, రెబ్‌నొట్రాన్‌లు అలా ఎన్నో ఎన్నో రూపొందించబడ్డాయి. అయితే అవన్నీ ప్రయో

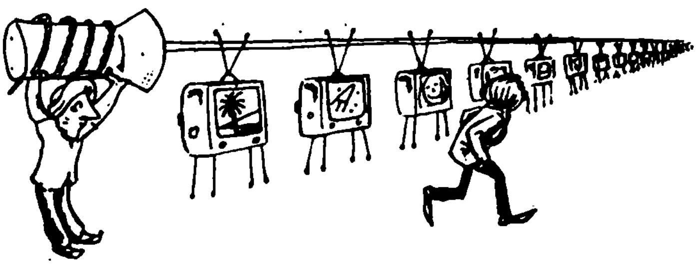
గాత్మక పరికరాలే. వీటిలో ఏ పరికరం భవిష్యత్తులో మాగ్నెట్రాన్, క్లైస్ట్రాన్‌లంత మంచి పేరు సంపాదిస్తుందో ఇంకా ఎవరికీ తెలియదు.

4. 6

రేడియో రాడార్ కమ్యూనికేషన్‌కి ఉపయోగపడే పౌనఃపున్యాల అవధి (ఫ్రీక్వెన్సీ రేంజ్) క్వాంటం జెనరేటర్లు — లేజర్ల అవతరణతో ఎంతో విస్తృతమైంది.

ఆ అవధిని లేజర్లు 0.4 మైక్రాన్‌ల తరంగదైర్ఘ్యాల వరకూ, అంటే 0.75 మిలియార్డ్ మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా విస్తృతం చేశాయి.

తరంగదైర్ఘ్యం 0.7 నుంచి 0.4 మైక్రాన్ల దాకా



పౌనఃపున్యం 0.4 నుంచి 0.75 మిలియార్డ్ మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా

ఆ అవధి దృగ్గోచర కాంతి తరంగాల (0.4–0.7 మైక్రాన్‌లు, అంటే 0.75–0.4 మిలియార్డ్ మెగాహెర్ట్జ్‌లు) అవధిలో సరిపోతోంది. టెలివిజన్ ఫ్రేములో ఉండే పౌనఃపున్యాల అవధి కంటే ఆ అవధి 30 మిలియన్ల రెట్లు ఎక్కువ విస్తరించి ఉంటుంది. దానర్థం లేజర్ కిరణాలని వాహక సంకేతాలుగా ఉపయోగించుకుంటే ఏకకాలంలో 30 మిలియన్ల టెలివిజన్ కార్యక్రమాలని ప్రసారం చేయవచ్చన్నమాట.

4. 7

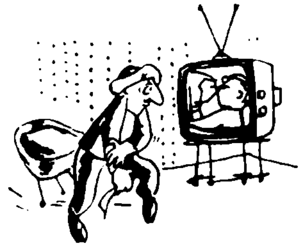
పౌనఃపున్యాల మాపకంలో పైకి వెళ్తూ మనం ఒక మెట్టుని ఎక్కకుండా దాటి వెళ్లిపోయాం. దృగ్గోచర కాంతి అవధికి కింద ఉండే పౌనఃపున్యాల అవధిని మనం వదిలేశాం. 'పరారుణ కిరణాల' గురించి మనం చెప్పుకునేది.

"ఇన్ఫ్రా" అంటే కింది అని అర్థం (ఇన్ఫ్రారెడ్ — పరారుణ). పరారుణ తరంగాల పౌనఃపున్యాలు, ఎర్ర దృగ్గోచర కిరణాల పౌనఃపున్యాల కంటే తక్కువగా



తరంగదైర్ఘ్యం
300 నుంచి 0.7
మైక్రాన్ దాకా

పౌనఃపున్యం
1 మిలియన్ నుంచి
0.4 మిలియార్డ్
మెగాహెర్ట్జ్ దాకా

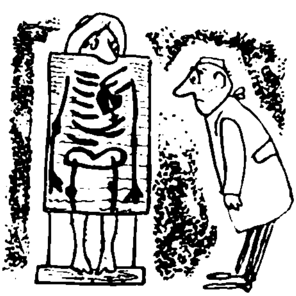


ఉంటాయి. పరారుణ కిరణాలు మామూలు కంటికి కనిపించవు. ఆ కిరణాలు మిల్లీమీటరు తరంగాలూ, కాంతి తరంగాల మధ్యనున్న పట్టీని ఆక్రమించుకుంటాయి, అంటే సుమారు 0.4 మిలియార్డ్ మెగాహెర్ట్జ్‌ల నుంచి 1 మిలియను మెగాహెర్ట్జ్‌ల వరకూ అన్నమాట.

రాడార్‌కి ఈ తరంగాలు ఎంతో వీలుగా ఉంటాయని తేలింది. వాటిని పొందడానికి ప్రత్యేకమైన జెనరేటర్లు అవసరం లేదు. ఎందుకంటే ప్రతీ వస్తువూ, దేహమూ పరారుణ ఉష్ణ కిరణాలని అంతరాళంలోకి వికిరణం చేసే కేంద్రాలే. కొన్ని వస్తువులు సూర్యుడి నుంచి పొందిన ఉష్ణాన్ని వికిరణం చేస్తే, మరికొన్ని సహజంగా వాటికుండే ఉష్ణాన్ని (రక్తానికి ఉండే ఉష్ణం, ఇంజన్ల ఉష్ణం, మొదలైనవి) వికిరణం చేస్తాయి.

రాడార్‌కి ఎంతో సున్నితమైన గ్రాహకం ఉండాలి. అప్పుడది కటిక చీకట్లో కూడా ఆ వస్తువులని కనుక్కొంటుంది.

4. 8



అందరికీ తెలిసిన ఎక్స్-రే పరికరం కాంతి తరంగాల అవధి కంటే ఇంకా 10 000 రెట్లు హ్రస్వమైన వాటిని (మైక్రాన్‌లో లక్షోవంతు దాకా) ఉపయోగిస్తుంది.

4. 9

మనకి తెలిసిన తరంగాల్లో అన్నిటికంటే హ్రస్వమైనవీ, అలాగే దీర్ఘమైనవీ మనకి అంతరిక్షం నుంచి వస్తాయి. అంతరిక్షం నుంచి మనల్ని చేరే తరంగాల్లో 30 మిలియన్ల కిలోమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం గల తరంగాలని కనుక్కోగలిగారు. వాటి డోలనావర్తన కాలం 100 సెకండ్లపాటు ఉంటుంది. భూమికీ, సూర్యుడికీ మధ్యనున్న దూరాన్ని దాటడానికి అటువంటి తరంగాలు ఒక్క ఐదు చాలు.

అదే సమయంలో అంతరిక్ష కిరణాలు 0.005 ఆంగ్‌స్ట్రామ్‌ల (మైక్రాన్‌లో 10 మిలియన్ల వంతో భాగం) తరంగదైర్ఘ్యం గల తరంగాలని కలిగి వుంటాయి.

4. 10

పరిస్థితి మీకు పూర్తిగా అర్థం కావడానికి ఇక్కడ ఇంకో విషయం గుర్తుచెయ్యాలి. నూతన శాస్త్ర ఫలితాల ప్రకారం 8 నుంచి 14 మైక్రాన్‌ల తరంగాలు ''ఘ్రాణ



తరంగాలు'' అని తేలింది. బహుశా భవిష్యత్తులో ఆ తరంగాల గురించి బాగా తెలుసుకున్న ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రస్తుతం చిత్రాలు, ధ్వనులని రవాణా చేస్తున్నట్లే వాసనని కూడా రవాణా చేయగలదేమో!

కిలోమీటరు నుంచి మైక్రాన్‌లో సూక్ష్మాంశాల దాకా

ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్ర గురించి ఎన్నో విషయాలు చెప్పుకోవచ్చు. కాని అతి ప్రధాన అంశం గురించి మాత్రం రెండు ముక్కల్లో చెప్పవచ్చు. తరంగదైర్ఘ్యాలని తగ్గించుకుంటూ పోవడమే ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్ర.

రేడియో సమాచార సంబంధాల అభివృద్ధి క్రమంలో దశలని గుర్తుకుతెచ్చుకుం దాం. ముందు, పొడుగాటి తరంగాల గురించి క్షుణ్ణంగా తెలుసుకున్నారు.*

హ్రస్వ తరంగాలకి ఆకాశం నుంచి, భూమి నుంచి గెంతుకుంటూ ప్రతిక్షేపమయే సామర్థ్యం ఉంటుందని ఆ తర్వాత పరిశోధకులు కనుక్కున్నారు. ఆవిధంగా వాటిని భూమి చుట్టూ ప్రసారం చేయవచ్చని తేల్చారు. దాంతో హ్రస్వ తరంగాలతో ప్రయో గాలు మొదలయ్యాయి. కొన్ని సంవత్సరాల్లో వాటి పొడవుని 10 రెట్లు తగ్గించి, పౌనఃపున్యాలని అన్నే రెట్లు పెంచడం సాధ్యపడింది.

అప్పటికి టెలివిజన్ అవతరించింది. దానికి అతి హ్రస్వ తరంగాలు అవసరం అయాయి. మళ్లీ పౌనఃపున్యాలని 10 రెట్లు పెంచాల్సి వచ్చింది. సరిగ్గా ఇక్కడే తొలి కష్టాలు మొదలయ్యాయి. అతి హ్రస్వ తరంగాల మీదకి మారగానే ట్రయోడ్‌కి "శ్వాస ఆడడం మానేసింది." వాల్వులోకి అధికంగా గ్రిడ్‌లని ఉంచాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. ఆవిధంగా టెట్రోడ్‌లు, పెన్‌టోడ్‌లు అవతరించాయి.

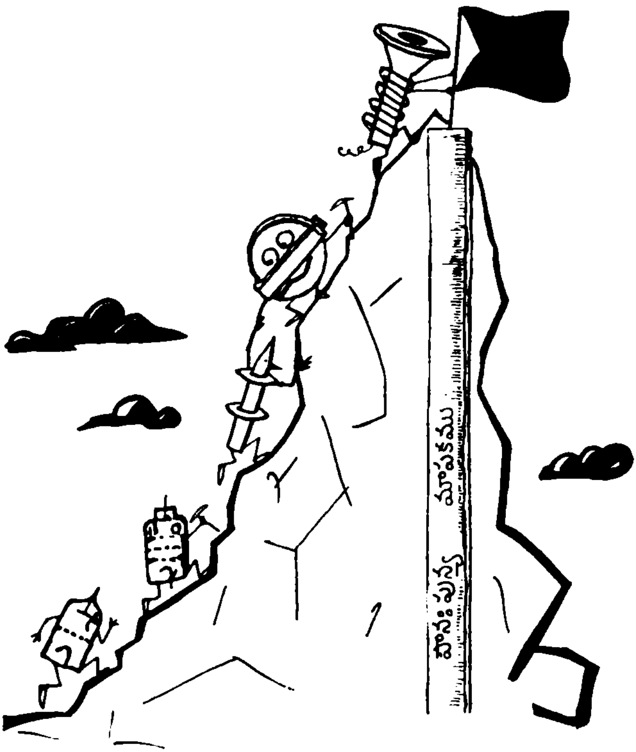
ఇంతా చేస్తే ఈ కష్టాలు కష్టాలే కాదు. ఎప్పుడైతే రాడార్‌కి ఎలక్ట్రానిక్స్ నుంచి 3 సెంటీమీటర్ల వరకు పొట్టిగా ఉండే తరంగాలు అవసరమయాయో, అప్పుడు పరికరాన్ని తిరిగి మళ్లీ ఇంకోలా రూపొందించాల్సి వచ్చింది. ఇక్కడ మామూలు నిర్మాణం గల వాల్వులు ఏమాత్రం పనికిరాలేదు. పాత రేడియో సర్క్యూట్‌లూ పనికి రాకుండా పోయాయి. ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో కొత్తవి వచ్చి చేరాయి.

గాజు కప్పులు గల వాల్వులకి బదులు పింగాణీ, లోహ పదార్థాల సమ్మేళనంతో ఎంతో క్లిష్టమైన నిర్మాణం గల కొత్త వాల్వులు వచ్చాయి. నిపుణులు ఉపయోగించే మాటల్లో ఎన్నో కొత్త పేర్లు దొర్లడం మొదలెట్టాయి. ఉదాహరణకి, లైట్‌హౌస్ ట్యూబ్, ఇంకా చిత్రమైమారి పేర్లెన్నో — క్లైస్ట్రాన్, మాగ్నెట్రాన్, పయనించే తరంగ గొట్టం — వచ్చాయి.

ఇదీ ఎలక్ట్రానిక్స్ జీవితం. విరామం అంటూ లేకుండా, ఊపిరి తీసుకునే సమ యం అంటూ లేకుండా, అలసట లేకుండా పౌనఃపున్యాల మావకంతో పైపైకి అది ఎగబాకాల్సి వచ్చింది. అత్యంత అధిక పౌనఃపున్యాల విభాగంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృ ద్ధిక్రమంలో ఏర్పడిన కష్టాలని వర్ణించడానికి "ఎగబాకడం" అనేది సరైన పదమేమో.

---

* మొట్టమొదటి సారిగా హెర్ట్‌జ్ పొందిన రేడియో తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం కొన్ని పదుల సెంటీమీటర్లు ఉండేది. అయితే ఆ తరంగాలు ఏ ఎలక్ట్రాన్ పరికరాల సహాయమూ లేకుండానే ఏర్పడ్డాయి. విస్ఫులింగ ఉత్సర్గ ఫలితంగా అవి తయారయాయి. అయితే తొలి దశలో రేడియో కమ్యూనికేషన్లలో వాటిని వాడేవారు కాదు.



అడుగడుక్కీ కష్టాలు ఏర్పడ్డాయి. ప్రపంచంలోని నిపుణుల అందరి పట్టుదలా, చాక చక్యాల మూలంగానే అడ్డంకులని అధిగమిస్తూ, ఎలక్ట్రానిక్స్, వికిరణాల పౌనఃపున్యాన్ని ఏటేటా పెంచగలిగింది. ఆవిధంగా ఎన్నో సన్నిహిత రంగాల సాంకేతిక అవసరాలని ఎలక్ట్రానిక్స్ తీర్చగలిగింది.

ఆ సాంప్రదాయం ఈనాటి దాకా కొనసాగుతూనే ఉంది. అధిక పౌనఃపున్యాల విభాగంలో పెద్ద అడుగు ముందుకు వేయడం మన కళ్ల ముందే జరిగింది.

రేడియో సర్క్యూట్ బదులు అణువుల, పరమాణువుల వికిరణాలని (మన పుస్తకం మొదట్లో ఫోటానిక్స్ అని ఇంజనీరింగులో ఏ శాఖనైతే తమాషాకి పిలిచామో దాన్ని) ఉపయోగించుకుంటూ మైక్రాన్‌లో పదవ వంతు తక్కువగా తరంగదైర్ఘ్యా లని వశంచేసుకున్నారు.

ఎలక్ట్రానిక్స్ సాధించిన విజయాలకి ఇది చక్కటి నిదర్శనం.

అర్ధ శతాబ్ద కాలంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ తరంగాలని కొన్ని మిలియార్డుల రెట్లు, అంటే కిలోమీటర్లలో కొలిచే తరంగదైర్ఘ్యాలని మైక్రాన్‌లో సూక్ష్మాంశాలుగా కొలిచే తరంగదైర్ఘ్యాలుగా "కుదించగలిగింది."

హ్రస్వ తరంగాల బరువు ఎంత వుంటుంది?

పౌనఃపున్యాలని పెంచడం, తరంగదైర్ఘ్యాలని తగ్గించడం నిజంగానే అంత తేలిక కాకపోవచ్చు. అటువంటి పెద్ద సమస్యలని చేపట్టడం తర్వాత వాటిని పరిష్కరించడానికి మహా తంటాలు పడటం నిజంగానే అంత అవసరమైందా? అని పాఠకుడు అనుకోవచ్చు.

అవును, అవసరమైంది. రేడియో ప్రసారాల దూరం అట్టే ఉండేది కాదు. ఇంక టెలివిజన్ సంగతి తీసుకుంటే, అది అతి హ్రస్వ తరంగాల సహాయం లేకుండా తక్కువ దూరాల్లో కూడా పనిచేయలేకపోయేది. ఎన్నో కార్యక్రమాలని ప్రసారం చేయడానికి టెలివిజన్‌కి ఇంకా హ్రస్వ తరంగాలు అవసరం అయాయి. ఎందుకు? ఎందుకంటే...

టెలివిజన్ సంకేతాలు ఆక్రమించే పౌనఃపున్యాల అవధి ఎంతో పెద్దది. అది కొన్ని హెర్ట్జ్‌ల నుంచి 6 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా ఉంటుంది (3. 41, 3. 42). మాడ్యులేషన్ సహాయంతో ఈ సంకేతాన్ని వాహక సంకేతం మీదకి ఎక్కిస్తే ఆ పట్టీ రెండు రెట్లు వెడల్పయి, 12 మెగాహెర్ట్జ్‌లవుతుంది.

అంటే, ఏకకాలంలో అనేక టెలివిజన్ ప్రసారాలు చేయాలంటే ప్రతీ ప్రోగ్రామ్‌కీ కనీసం 12 మెగాహెర్ట్జ్‌ల వెడల్పు గల పట్టీని ఆక్రమించుకునే ఒక విడి చానెల్‌ని కేటాయించాలన్నమాట.

టెలివిజన్ ఉపయోగించే అతి హ్రస్వ తరంగాల (అత్యధిక పౌనఃపున్యం) పట్టీలో 50 నుంచి 300 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా పౌనఃపున్యాలుంటాయి. ఈ పట్టీలో ఏక కాలంలో ఎన్ని ప్రోగ్రాములని ప్రసారంచేయవచ్చు?

ఇదెంతో తేలికగా లెక్క గట్టవచ్చు. ప్రోగ్రామ్‌ల సంఖ్య N, చానెల్‌ల సంఖ్యకి సమానం. అప్పుడు

$$N=\frac{300-50}{12}\approx 20 \text{ ప్రోగ్రాములు.}$$

టెలివిజన్ కేంద్రాలు 2–3 ప్రోగ్రామ్‌లని ప్రసారం చేస్తే అవి సరిపోయేలాగే కనిపిస్తుంది. కాని నిజానికి అవి సరిపోవు. ఒకవేళ వీడియో టెలిఫోన్‌లని ఏర్పాటుచేయాలంటే, అతిహ్రస్వ తరంగ పట్టీ 20 వీడియో టెలిఫోన్లకి మాత్రమే సరిపోతుంది.

సెంటీమీటర్ తరంగ పట్టీలో అటువంటి చానెల్‌లు ఎన్ని ఉండవచ్చు?

లెక్కవేసి చూద్దాం. 3 నుంచి 10 సెంటీమీటర్ల దాకా ఉండే తరంగదైర్ఘ్యాల

పౌనఃపున్యాలు 10 000 నుంచి 3 000 మెగాహెర్ట్జ్‌లుండడం కష్టమేమీ కాదు. 3. 14 చిత్రంలో ఇచ్చిన ఫార్ములా ప్రకారం తరంగదైర్ఘ్యాలని పౌనఃపున్యాలుగా మార్చవచ్చు.

టెలిచానెల్‌ల సంఖ్య Nని ఇంతకు ముందులాగే లెక్కవెయ్యొచ్చు:

$$N=\frac{10000-3000}{12}\approx 580$$

ఇది ఇంతకు ముందు దానికంటే చాలా నయం. 580 వీడియో టెలిఫోన్లు! వీటితో ఏదో ఒమాదిరి వీడియో సంబంధాలని ఏర్పరచవచ్చు.

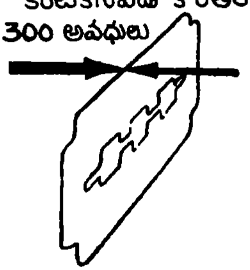
ఒకవేళ నగరంలో వీడియో టెలిఫోన్ల చందాదార్ల సంఖ్య వేలూ, లక్షల్లో ఉంటే? అప్పుడీ వీడియో సంబంధాల సమస్యనెలా పరిష్కరించడం?

50 మెగాహెర్ట్జ్‌ల కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యాలుండే కంపనాలు వాహకాలుగా ఉపయోగపడవు. అవి విరూపిత "డిజైను"ని ఇస్తాయి. అంతేకాకుండా 50 నుంచి 10 000 దాకా మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యాల పట్టీ (6 నుంచి 3 సెంటీమీటర్ల దాకా తరంగదైర్ఘ్యాలు) అంతటిలోనూ:

$$N=\frac{10\,000-50}{12}\approx 830$$ ప్రోగ్రాములు మాత్రమే ఉండగలవు.

పూర్తిగా నగరం అంతటిలోనూ వేలు, లక్షల సంఖ్యలో వీడియో టెలిఫోన్లు ఏర్పాటు చేయాలంటే అన్ని చానెల్‌లని ఎక్కడి నుంచి తీసుకురావడం. సమస్యకి ఒకే ఒక పరిష్కారం ఉంది. తరంగదైర్ఘ్యాలని ఇంకా తగ్గించి, పౌనఃపున్యాలని పెంచాలి.

అయితే ఇక్కడో పెద్ద చిక్కు ఉంది. తరంగాన్ని పుట్టి చేసే తొలి దశలో ట్రయోడ్ "ఊపిరి తీసుకోవడం మానేసినట్లుగానే," ఇక్కడ కూడా తరంగదైర్ఘ్యాన్ని మిల్లీమీటర్లో అనేక వంతుల వరకు కురచచేయగానే ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు పూర్తిగా ఆగిపోవచ్చు. మరప్పుడు ఏం చేయాలి? వీడియో టెలిఫోన్ల కల, కలగానే ఎప్పటికీ మిగిలిపోతుందా?



ఎప్పటికీ కాదు! ఎలక్ట్రానిక్స్‌తో బాటు ఫోటానిక్స్ అనేది ఇప్పటికే ఉంది. ఆ కార్యాన్ని ఫోటానిక్స్ తేలిగ్గా సాధించగలదు.

ఒక విషయం గురించి కొంచెం ముందుగానే ఇక్కడ చెప్పుకుందాం. ఫోటానిక్స్ డోలకాలు (లేజర్లు) 0.4 నుంచి 0.7 మైక్రాన్‌ల తరంగదైర్ఘ్యాలుండే (పౌనఃపున్యాలు 4×10^{14}

నుంచి 7.5×10^{14} కంపనాలు/సెకను, అంటే 0.4 నుంచి 0.75 వేల మిలియన్ల మెగాహెర్ట్జ్‌లు) కాంతిని ఉత్పత్తిచేస్తాయి.

అంటే, ఇప్పుడీ పట్టీలో ఎన్ని టెలివిజన్ ప్రోగ్రాములు ఇమడగలవు? లెక్కవేసి చూద్దాం:

$$N=\frac{(0.75-0.4)2019}{12}\approx30$$ మిలియన్ల ప్రోగ్రాములు!

అన్ని ప్రోగ్రాములుంటే ఫర్వాలేదు, మనకి సరిపోవచ్చు. కాని పౌనఃపున్యాల మాపకంలో మనం ఎలా పైకి చకచకా ఎగబ్రాకుతూ పోయామో, ఆఖరికి శిఖరాన్ని, అంటే దృశా పౌనఃపున్య పట్టీని చేరుకునే వరకి, దారిలో కనిపించిన దృశ్యాన్నంతటినీ అర్థంచేసుకోడానికి కూడా అవకాశం లేకపోయిందని మీరు గ్రహించవచ్చు.

అందుకని ఇప్పుడు మనం కొంచెం ఊపిరిపీల్చుకోడానికి ఆగి, దారిలో మనం చూసిన దాన్నంతటి గురించి ఆలోచిద్దాం.

0.4 నుంచి 0.7 మైక్రాన్‌ల దాకా పొడవుండే కాంతి తరంగాలు అన్నీ మాపకంలో అతి సూక్ష్మమైన భాగాన్ని మాత్రమే ఆక్రమిస్తాయి. ఆ భాగం పొడవు మిల్లీమీటర్‌లో 30 వేలో వంతు (0.0003 మిల్లీమీటర్లు) మాత్రమే ఉంటుంది. అటువంటి భాగాలు ఒక బ్లేడు అంచు మీద 300 దాకా ఇముడుతాయి. అటువంటి ప్రతి భాగంలోనూ 30 మిలియన్ల టెలివిజన్ ప్రోగ్రాములకు అవకాశం ఉంటుంది.

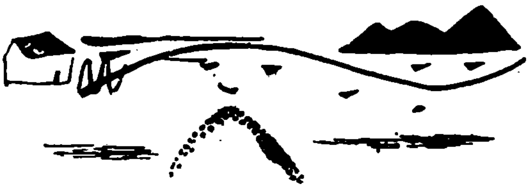
అదే సమయంలో 1 నుంచి 2000 మీటర్ల (2 కిలోమీటర్లు!) దాకా తరంగ దైర్ఘ్యాలున్న రేడియో ప్రసారాల పట్టీ అంతా 20 టెలివిజన్ ప్రోగ్రాములకి మాత్రమే అవకాశాన్ని ఇస్తోంది. దీనంతటి గురించీ మనకి కలిగే తొలి అభిప్రాయం ఎంతో విపరీతంగా ఉండొచ్చు.

ఒకవైపున, మాపకంలో 0.3 మైక్రాన్‌ల పొడవు మాత్రమే ఉండే భాగం అన్ని కాంతి తరంగాలనీ తనలో ఇముడ్చుకుంది. రెండో వైపున, మీ ఇంటి గుమ్మం నుంచి ఒక మీటరు దగ్గర మొదలయి, ఎక్కడో దూరంగా వేరే వీధిలో రెండు బస్-స్టాప్‌ల తర్వాత ముగిసిన పొడుగాటి దారికి సమానమయిన దూరంలో మనం ఉపయోగించుకునే రేడియో తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యాలన్నీ ఇమిడి వున్నాయి.

రెండు కిలోమీటర్ల దూరం వున్న దారిలో కంటే అతి సూక్ష్మమైన భాగంలో మిలియన్ల రెట్లు ఎక్కువ సమాచారం ఎందుకు ఇమిడి వుంది?

దీన్ని ఎంతో తేలిగ్గా వివరించవచ్చు. సంకేతాలని ప్రసారం చేసే చానెల్‌ల పట్టీలో సంకేతాల వర్ణపటాన్ని నిర్ణయించేటప్పుడు తరంగాల దైర్ఘ్యాన్ని చూపే మాపకాన్ని కాకుండా పౌనఃపున్యాల మాపకాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

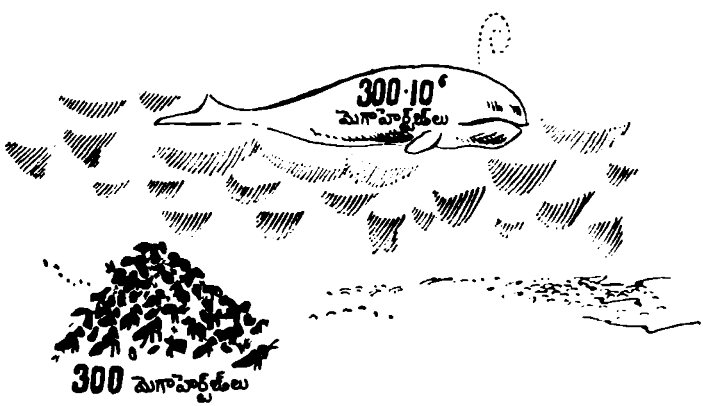
రేడియో ప్రసారాల పట్టీలో అత్యంత పొడవైన తరంగపు (λ=2 000 మీటర్లు) పౌనఃపున్యం 0.15 మెగాహెర్ట్జ్‌లు లేక 150 కిలోహెర్ట్జ్‌లుంటుందని 3. 16 ఫార్ములా ఆధారంగా తేలిగ్గా గ్రహించవచ్చు.



అదే కాంతి తరంగాల పట్టీలో అత్యంత పొడవైన తరంగపు తరంగదైర్ఘ్యం 0.45×10^9 (0.45 మిలియార్డ్) మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యానికి సరిపోతుంది. ఈ పౌనఃపున్యం 2 000 మీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం గల సంకేతానికుండే పౌనఃపున్యాని కంటే 3×10^9 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

దీన్ని ఈవిధంగా పోల్చిచెప్పవచ్చు. చీమ బరువు (3 మిల్లీగ్రాములు లేక గ్రాములో మూడు వేలో వంతు) మధ్యస్థ పరిమాణం గల పిల్ల తిమింగలం (సుమారు 10 టన్నుల) బరువు కన్న ఎంత తక్కువో అంతన్నమాట.

ఇక్కడ మనం ఇంకో సారి ఒక విషయం గురించి చెప్పుకోవాలి. కిలోమీటర్ల పొడవున్న తరంగాలని కాకుండా మైక్రాన్‌లో సూక్ష్మాంశం పొడవున్న తరంగాలని తిమింగలంతో పోల్చడం మీకు బహుశా ఆశ్చర్యం కలిగించివుంటుంది. దీనికి కారణం, తిమింగలాన్నీ, చీమనీ మనం వాటి పరిమాణంతో కాకుండా బరువుతో పోలుస్తున్నాం. రేడియో తరంగాల బరువు వాటి పౌనఃపున్యంతో బాటు పెరుగుతుంది.



కాంతి తరంగాల గరిష్ఠ పౌనఃపున్యం కనిష్ఠ పౌనఃపున్యం కంటే సుమారు రెండు రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. దాని విలువ 0.75×10^{9} మెగాహెర్ట్జ్‌లు. కాంతి తరంగాల పట్టీ, అంటే మానవకంలో గరిష్ఠ పౌనఃపున్యానికీ కనిష్ఠ పౌనఃపున్యానికీ మధ్య వుండే భాగం:

$0.75\times10^{9}-0.4\times10^{9}\approx0.3\times10^{9}=300\times10^{6}$ మెగాహెర్ట్జ్‌లు.

అదే రేడియో ప్రసారాల పట్టీలో గరిష్ఠ పౌనఃపున్యం కనిష్ఠ పౌనఃపున్యం కంటే రెండు రెట్లు కాదు, 2 000 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. అయినప్పటికీ పౌనఃపున్యాం పట్టీ చాలా సన్నగా ఉంటుంది. అది $300-0.15=298.85$ మెగాహెర్ట్జ్‌లు. అంటే, సుమారు 300 మెగాహెర్ట్జ్‌లు మాత్రమే.

దీనిలో విశేషం ఏమీలేదు. రెండు పిల్ల తిమింగలాల బరువు ఒక పెద్ద తిమింగలం బరువు కంటే 10 టన్నులు ఎక్కువ ఉంటుంది. అదే 2 000 చీమల బరువు ఒక చీమ బరువు కంటే $3\times10^{-3}\times2000-3\times10^{-3}=5.99$ గ్రాములు ఎక్కువంతే!

సరిగ్గా రేడియో తరంగాల స్థితి అలాగే ఉంటుంది. రేడియో ప్రసారాల పట్టీ వెడల్పుని (300 మెగాహెర్ట్జ్‌లు), కాంతి తరంగాల పట్టీ వెడల్పుతో (300×10^{6} మెగాహెర్ట్జ్‌లు) పోల్చి చూస్తే, దృశ్య పట్టీ కంటే రేడియో ప్రసారాల పట్టీ ఒక మిలియన్ (10^{6}) రెట్లు తక్కువ బరువు ఉంటుందనే విషయం మనకి వెంటనే అర్థమవుతుంది.

సన్నని కిరణ పుంజాల సమస్య

తరంగదైర్ఘ్యాలని కురచచేయడానికి ఎలక్ట్రానిక్స్ చేయగలిగినదంతా ఎందుకు చేస్తుందో ఇప్పుడు మనకి పూర్తిగా అర్థమవుతోంది. ఏ సమాచారాన్ని ప్రసారం చేయాలన్నా, సమాచార సంబంధాలు ఏర్పరచుకోవాలన్నా అతి హ్రస్వ తరంగదైర్ఘ్యాల పట్టీలో మాత్రమే కావలసినంత చోటు ఉంది.

రేడియో వార్తా ప్రసారాలకి హ్రస్వ, మధ్యమ, దీర్ఘ తరంగాల పట్టీలు ఏనాడో బాగా ఇరుకయిపోయాయి. ఇప్పుడు అతి హ్రస్వ తరంగ పట్టీలో టెలివిజన్‌కి మహా ఇరుకుగా తయారవుతోంది. అందుకని రేడియో ప్రసార సంబంధాలు ఈ మధ్యన సెంటీమీటర్ తరంగాలని ఉపయోగించుకోవడానికి తీవ్రంగా ప్రయత్నిస్తున్నాయి. అలాగే సహజంగా టెలివిజన్, త్వరలో కాంతి తరంగ పట్టీలోకి ప్రవేశించవచ్చు. దానికి ఈ పట్టీలో జాగా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఒక్క ఎర్ర కాంతికి ఎన్ని ఛాయలు ఉంటాయంటే

నగరవాసులందరూ ఒకరితో మరొకరు ఐక్యం కల్పించుకోకుండా, ఆ ఒక్క ఎర్ర కిరణాలతో పనిచేసే వీడియో టెలిఫోన్ల ద్వారా ఒకరినొకరు చూసుకోగలుగుతారు.

ఎలక్ట్రానిక్స్ తరంగదైర్ఘ్యాలని కురచచేసుకుంటూ వెళ్లడానికి ముఖ్యమైన కారణం జాగా సరిపడనంత లేకపోవడమే. అలాగే అంత ముఖ్యమైన కారణం మరొకటి కూడా ఉంది. అనేక సమస్యలను పరిష్కరించడం కోసం వికిరణాలు కావలసిన దిశలో ప్రయాణం చేయడం అవసరం. ఆన్టెనా ప్రసారం చేసిన తరంగాలు అన్ని దిశల్లోకి పయనం చేయకుండా, ఒకే ఒక దిశలోనే, అదీ సన్నని కిరణపుంజంలా పయనించాలి.

రాడార్‌లో ముఖ్యంగా అదెంతో అవసరం. కిరణం సహాయంతో పరావర్తనమవుతున్న వస్తువు స్థానాన్ని కచ్చితంగా నిర్ణయించవచ్చు. అలెక్సాండర్ పుష్కిన్ రాసిన సుప్రసిద్ధ కథలో బంగారు కోడి శత్రువులు ఏ దిశలో దండెత్తి వస్తుంటే ఆ దిశలో తన తలని తిప్పేది. రాడార్ కేంద్రం తన ఆన్టెనాలని తిప్పడం ద్వారా శత్రువు దిశని చూపెడుతుంది. ఆన్టెనా తరంగాలని సన్నని కిరణపుంజంలా కేంద్రం పంపినప్పుడే ఆ దిశని కచ్చితంగా కనిపెట్టడం సాధ్యమవుతుంది.

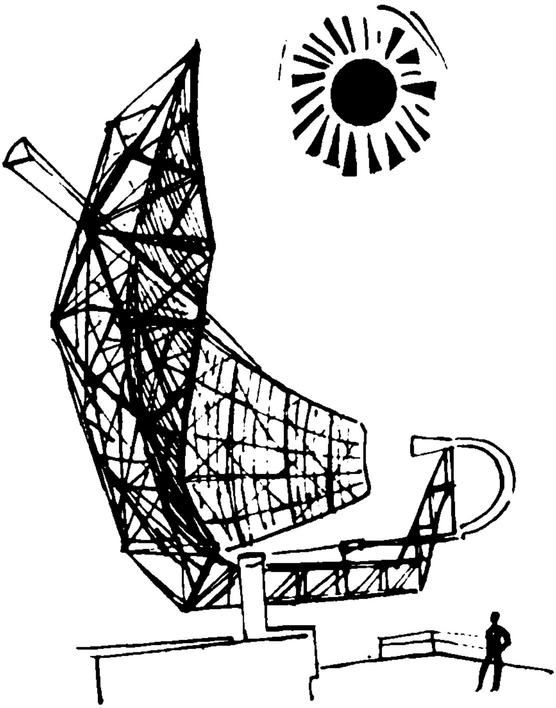
వికిరణం చేస్తున్న తరంగం పొడవు కంటే ఆన్టెనా పరిమాణం ఎంతో ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడే అటువంటి కిరణపుంజాన్ని తయారుచేయడం సాధ్యమవుతుంది.

మొట్టమొదటి రాడార్ కేంద్రం (నాల్గవ దశకం మొదట్లో) అతి పెద్ద ఆన్టెనాలతో మీటర్ తరంగాలని కిరణపుంజంలా పోగుచేసేది.

శత్రు విమానం ఆకాశంలో ఎక్కడుందో కనిపెట్టి కిరణపుంజం తుపాకీలని ఎటువైపు ఎక్కుపెట్టాలో చెప్పేది. అది విమాన చోదకుడికి చాలాకాలం పాటు ఎంతో ఇబ్బందిని కల్గించింది. విమానానికి కూడా అతి శీఘ్రంగా రాడార్‌ని అమర్చాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. కాని ఎలా అమర్చడం? రెండంతస్తుల భవనం అంత ఉండే ఆన్టెనాలని విమానం మీద అమర్చలేం కదా! అయితే, ఆన్టెనాల పరిమాణాన్ని ఎన్నో రెట్లు తగ్గించి, కిరణపుంజాన్ని కావాల్సిన దిశలో వెళ్లేలా చూడటం, ఆ రెండూ ఏకకాలంలో సాధించడం వీలవుతుందని తేలింది. దానికి వికిరణం చేయబడుతున్న తరంగం పొడవు కంటే ఆన్టెనా పరిమాణం మాత్రం ఎంతో ఎక్కువగా ఉండితీరాలి అంతే. ఈ సమస్యను పరిష్కరించాలంటే దాని రెండో వైపు నుంచి పరిశీలించాలి. ఆన్టెనా పరిమాణం పెంచే బదులు తరంగం పొడవును తగ్గించవచ్చు కదా.

తరంగదైర్ఘ్యాలని సెంటీమీటర్ల పరిధిలోకి తగ్గించడం ద్వారా ఎంతో వీలుగానూ, ఉపయోగకరంగానూ ఉండే విమాన రాడార్‌ల రూపకల్పన సాధ్యమయింది.

సెంటీమీటర్ తరంగాలని పొందడానికి ఎంత కష్టపడాల్సి వచ్చిందో కొంచెం తర్వాత చెప్పుకుందాం. ప్రస్తుతానికి టెలివిజన్, సుదూర రేడియో ప్రసార సాధనాల



అభివృద్ధి క్రమంలో వాటికి ఎప్పుడైతే ఎలక్ట్రానిక్స్ ద్వారా హ్రస్వ, అతి హ్రస్వ తరంగాల గురించి క్షుణ్ణంగా తెలుసుకోవలసిన అవసరం వచ్చిందో ఆ దశని గురించి చెప్పుకుందాం.

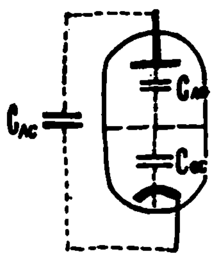
గ్రిడ్‌ల సంఖ్య పెరగడం మొదలైంది

రేడియో ప్రసార సంబంధాల అభివృద్ధిలోని తొలి దశలో జీవితంలోని అన్ని సందర్భాల్లోనూ ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని ట్రయోడ్ రక్షిస్తూ వచ్చింది. తేలిగ్గా తరంగాలుగా మారే ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాల, వోల్టేజిల ఉత్పత్తిలోనూ, ఆంప్లిఫై చేయడంలోనూ, మాడ్యులేట్ చేయడంలోనూ, శోధనలోనూ, సంకేతాలని మధ్యస్థ పౌనఃపున్యాలుగా మార్చడంలోనూ – అంతెందుకు రేడియో కమ్యూనికేషన్లలో అవసరమైన అన్ని ప్రక్రి

యల్లోనూ అది కాపాడుతూ వచ్చింది. అతి హ్రస్వ తరంగాలని లొంగదీసుకోవలసి వచ్చినప్పుడు ట్రయోడ్ లోపం బయటపడింది. అదే లోపం తక్కువ పౌనఃపున్యాల వ్యవహారంలో ఎవరికీ కనబడలేదు. సంగతేమిటంటే ట్రయోడ్‌లోని ఎలక్ట్రోడ్‌లు (ఆనోడ్, కేథోడ్, గ్రిడ్) కెపాసిటర్‌లోని ప్లేట్ల లాంటివి. ఆ ప్లేట్ల మధ్య నిర్దిష్ట క్షమత్వాలు (కెపాసిటెన్స్‌లు) C_{AG}, C_{GC}, C_{AC} ఉంటాయి.

సంకేతానికి పౌనఃపున్యం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే కెపాసిటర్ గుండా అది అంత తేలిగ్గా వెళ్లగలుగుతుందనేది మీకు గుర్తుండే వుంటుంది (3. 25).

హ్రస్వ తరంగాలకి, అతి హ్రస్వ తరంగాలకి మారే సరికల్లా వాటి పౌనఃపున్యాలు చాలా అధికంగా ఉంటాయి. దాని ఫలితంగా, వాల్వు తక్కువ పౌనఃపున్యాల్లో పనిచేస్తున్నప్పుడు ఆనోడ్‌కీ, గ్రిడ్‌కీ మధ్య వుండే క్షమత్వం ఎటువంటి ప్రభావాన్నీ చూపించకపోయినా, అధిక పౌనఃపున్యాల సంగతి వచ్చేసరికల్లా అది దాటడానికి వీలుగా ఉండే వంతెనలా పనిచేస్తుంది. ఆ వంతెన ట్రయోడ్‌లో ఆనోడ్ నుంచి గ్రిడ్‌కి కొంత శక్తిని దాటవేస్తుంది. ట్రయోడ్ డోలకంలో అటువంటి వంతెనని ప్రత్యేకంగా ఉంచు



తారు. దాని సహాయంతోనే డోలనానికి అవసరమైన ఫీడ్‌బాక్‌ని పొందుతారు. (ప్రకరణం 3, ''నదులు ఎందుకు ప్రవహిస్తాయి?''). కాని ట్రయోడ్‌ని ఆంప్లిఫైయర్‌గా పనిచేయించాలంటే అటువంటి వంతెన చెడు తప్పించి మంచి చేయదు. అటువంటి అనవసరపు ఫీడ్‌బాక్‌ని (లేక సంధానాన్ని), దానికి నిపుణులిచ్చిన పేరు — పారసైటిక్ ఫీడ్‌బాక్ — ద్వారా అర్థంచేసుకోవచ్చు. అటువంటి ఫీడ్‌బాక్ మూలంగా అధిక పౌనఃపున్యాల దగ్గర పనిచేసే ట్రయోడ్ ఆంప్లిఫైయర్లు లోపలికి వచ్చిన సంకేతాన్ని ఆంప్లిఫై చేయడంపోయి స్వంత డోలనాలని ఉత్పత్తి చేస్తాయి.

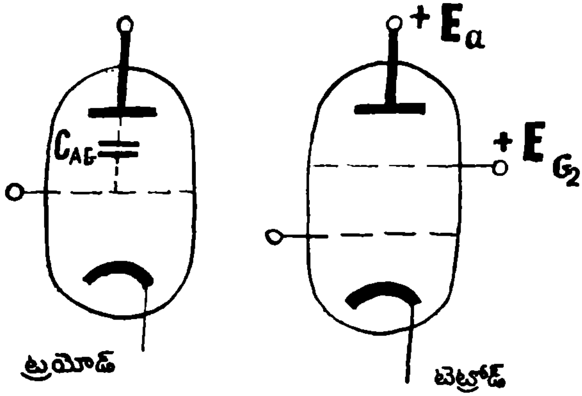
ప్రమాదకరమైన ఆ వంతెనని ఎలా ధ్వంసంచేయడం, పారసైటిక్ ఫీడ్‌బాక్‌ని ఎలా తొలగించడం?

ఆనోడ్, గ్రిడ్‌ల పరిమాణాలని తగ్గించడం ద్వారాను లేక వాటిని ఎడంఎడంగా దూరంగా జరపడం ద్వారానూ (3. 21) వాటి మధ్య క్షమత్వాన్ని తగ్గించడం సాధ్యమవుతుంది.

అయితే, ఆ రెండూ వాల్వుల విద్యుత్ అభిలక్షణాలని క్షీణింప చేస్తాయి. రూపకర్తలు ఇంకో కొత్త మార్గాన్ని కనుగొన్నారు. వాళ్లు వాల్వులోకి ఇంకో గ్రిడ్‌ని దూర్చి దానికి ధనాత్మక పొటెన్షల్‌ని కల్పించారు. ఆ రెండో గ్రిడ్ చుట్టూ పారసైటిక్ సం

ధానం ద్వారా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిరోధించే క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది.

సరిగ్గా టెట్రోడ్‌లు — నాలుగు ఎలక్ట్రోడ్‌లుండే వాల్వులు (లాటిన్‌లో టెట్రా



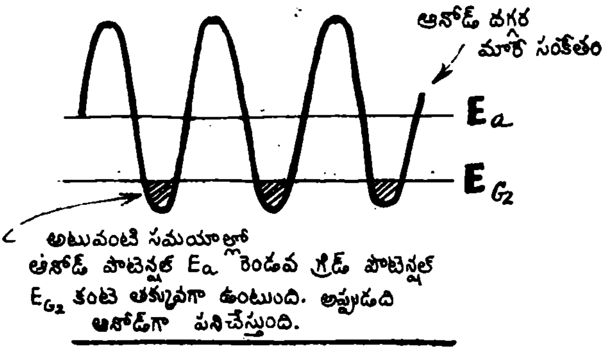
అంటే వాలుగు) అలాగే వాడుకలోకి వచ్చాయి. ఉన్నట్టుండి ఆంప్లిఫైయర్ ఉద్రేక పడి స్వంత పారసైటిక్ సంకేతాన్ని ఉత్పత్తిచేయడం మొదలెడుతుందేమోనన్న భయం లేకుండా పదుల మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా సంకేతాలని అదుపులో పెట్టగల ఆంప్లిఫైయర్లని రూపొందించే అవకాశాన్ని ఆ టెట్రోడ్‌లు ఇచ్చాయి. అతి హ్రస్వ తరంగాలని వాడడంలో తలఎత్తిన తొలి అడ్డంకిని రూపకర్తలు అలా అధిగమించినట్లు కనబడుతోంది.

కాని అది నిజం కాదు! ఎందుకంటే టెట్రోడ్‌లు పనిచేయడం మొదలెట్టగానే కొత్త సమస్య — గౌణ (సెకండరీ) ఉద్గారం తల ఎత్తింది.

ఒకటికి బదులు మూడు

గౌణ ఉద్గారం ఈ కింద వివరించిన రీతిలో ఏర్పడుతుంది. ఆనోడ్ లోహంతో తయారవుతుంది, కాబట్టి దానిలో "ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహి" (జాలకంలోని పరమాణువుల మధ్య తిరిగే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు) ఉంటుంది (2. 10). కేథోడ్ నుంచి వచ్చే ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆనోడ్ యొక్క స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లని కొన్నింటిని వెళ్లగొడతాయి. దీన్నే గౌణ ఉద్గారం (కేథోడ్ దగ్గర చోటుచేసుకునేది ప్రథమ — ప్రయిమరీ ఉద్గారం) అంటారు.

టెట్రోడ్‌లోని రెండో గ్రిడ్‌కి ధనాత్మక పొటెన్షల్ కూడా ఉంటుంది. దాంతో ఆనోడ్ నుంచి వెళ్లగొట్టబడిన ఎలక్ట్రాన్‌లు కొన్నిటిని అది ఆకర్షిస్తుంది. ప్రధానంగా ఏకాంతర ఆనోడ్ ప్రవాహ తరంగం దాని అధో అర్ధభాగం పనిచేస్తున్నప్పుడు ఆ ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహం తీవ్రంగా ఉంటుంది. అటువంటి క్షణాల్లో రెండవ గ్రిడ్ పొటెన్షల్ ఆనోడ్ పొటెన్షల్ కంటే అధికంగా ఉంటుంది. అది వాల్వు "తలకిందులు" పద్ధతిలో పనిచేసేలా చేస్తుంది. రెండో గ్రిడ్ అదే ఆనోడ్ అయినట్లు ఎలక్ట్రాన్‌లని ఆకర్షించడం మొదలెడుతుంది. ఆనోడ్ గౌణ ఉద్గారం మూలంగా అనవసరపు ఎలక్ట్రాన్ ధారని వికిరణం చేసే కేథోడ్‌లాగా పనిచేస్తుంది. ఆ ఎలక్ట్రాన్ ధార ఆనోడ్ వోల్టేజి మీద ఆధారపడివుంటుంది. అది ఆనోడ్ విద్యుత్ ప్రవాహపు పౌనఃపున్యంతో మారుతూ, ఆంప్లిఫై అయిన సంకేతాన్ని విరూపం చేస్తుంది. అయితే ఈ ప్రభావం ఒక్క టెట్రో



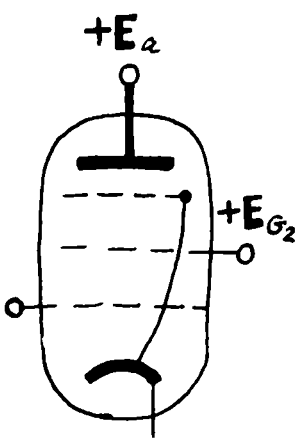
డ్‌లోనే ఎందుకు కనిపిస్తోంది? ట్రయోడ్‌లో ఆనోడ్ ఉపరితలాన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు తాడించవా? అక్కడ గౌణ ఉద్గారం ఉండేది కదూ?

ఇదంతా అక్కడా ఉండేది. కాని ట్రయోడ్‌లో గౌణ ఉద్గార ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎవర్నీ ఇబ్బంది పెట్టలేదు. అందుకనే ఎవరూ వాటిని గమనించలేదు. నిజంగా కూడా ఆనోడ్ నుంచి వెళ్లగొట్టబడిన ఎలక్ట్రాన్‌కి వెళ్లడానికి మరొక చోటు లేదు. ఎందుకంటే ట్రయోడ్‌లో ఆనోడ్ మినహా ఎలక్ట్రాన్‌లని ఆకర్షించడానికి ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఉన్న ఎలక్ట్రోడ్‌లు ఇంకేమీ లేవు. బయటకి వెళ్లిన ఎలక్ట్రాన్ ఆనోడ్ క్షేత్ర ప్రభావం మూలంగా తిరిగి ఆనోడ్‌ని చేరాల్సి వస్తుంది. అందుకనే వాల్వులో రెండో గ్రిడ్‌ని ఉంచకమునుపు గౌణ ఉద్గార ప్రభావం ఎవరికీ ఇబ్బంది కలిగించలేదు. కాని టెట్రోడ్‌లో అదో సమస్యా, అడ్డంకీ అయికూర్చుంది. దాన్ని వెంటనే తొలగించాల్సి వచ్చింది.

దాని కోసం మూడో గ్రిడ్‌ని (దమనకారి – సప్రెసర్) ఉపయోగించాల్సి వచ్చింది. అది ఆనోడ్‌కీ, ధనాత్మక ఆవేశం గల గ్రిడ్‌కీ మధ్య గౌణ ఉద్గార ఎలక్ట్రాన్‌ల దారిని అడ్డంకొడుతుంది. ఆవిధంగా ఐదు ఎలక్ట్రోడ్‌ల వాల్వు – పెంటోడ్ అవతరించింది.

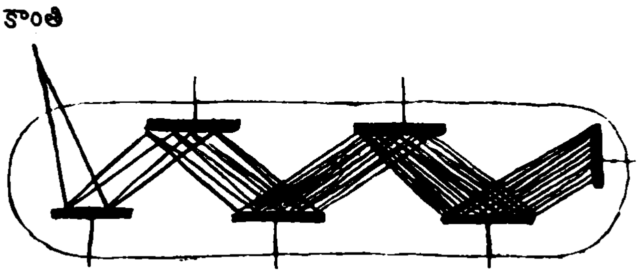
హ్రస్వ తరంగాలని ఆంప్లిఫై చేయడానికి రేడియో సంబంధాలకి పెంటోడ్ సహాయపడింది. ముఖ్యంగా, పెంటోడ్ సహాయంతో టెలివిజన్ చిత్రాన్ని తీసుకెళ్తున్న సంకేతాన్ని ఆంప్లిఫై చేయడం సాధ్యపడుతుంది. అపాయకరమైన గౌణ ఉద్గార ప్రభావాన్ని మూడో గ్రిడ్ తొలగించడం మూలంగానే అదంతా సంభవవుతోంది.

అయితే ఇక్కడో విషయం చెప్పకోవడం మర్చిపోకూడదు. గౌణ ఉద్గారాన్ని లాభసాటిగా వాడుకునే పరికరాలని కూడా ఎలక్ట్రానిక్స్ తయారుచేసింది.

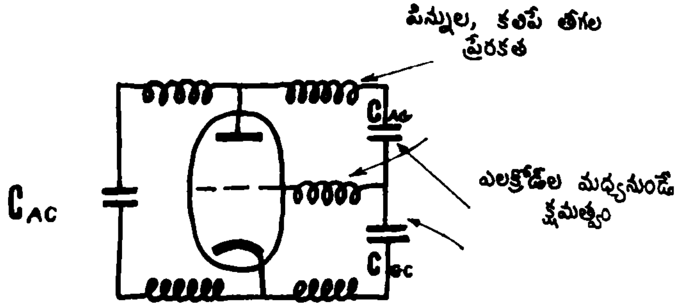


పెంటోడ్

ఫోటో ఉద్గారక ప్రభావం మూలంగా కాంతి ప్రతిచర్య వలన ఉత్పత్తి అయే ఎలక్ట్రాన్ ధార సాధారణంగా చాలా బలహీనంగా ఉంటుంది. అయితే ఆ ధారని వేరే ఇంకో ప్రత్యేక ఎలక్ట్రోడ్‌కి పంపితే, గౌణ ఉద్గారం మూలంగా ఇంకా శక్తివంతం అయిన ధారని పొందవచ్చు. అప్పుడు గౌణ ఉద్గార ఎలక్ట్రాన్‌లని మూడో ఎలక్ట్రోడ్ వైపు తరలిస్తారు. ఆ ఎలక్ట్రాన్‌లను "తాడించడం" ద్వారా మూడో ఎలక్ట్రోడ్ తిరిగి గౌణ ఉద్గార ఎలక్ట్రాన్‌లని ఉద్గారం చేస్తుంది. అప్పుడు ఆ ఎలక్ట్రాన్‌లని నాలుగో ఎలక్ట్రోడ్‌కి గురిపెడతారు. అలా చేసుకుంటూ పోవడంతో కొండ మీద నుంచి హఠాత్తుగా దొర్లుకుంటూ వచ్చే మంచుగడ్డల్లా ప్రతీ దశలోనూ ఆ ఎలక్ట్రాన్‌లు ఇంకా ఇంకా ఎక్కువ శక్తివంతం అవుతూ వస్తాయి. ఆవిధంగా



కాంతి నుంచి విడివడిన కొన్ని "మంచుగడ్డలు" — ఎలక్ట్రాన్‌లు, తమ మార్గంలో ఉంచబడిన ఆనోడ్‌ల గౌణ ఉద్గారం మూలంగా ఒక పెద్ద మంచుకొండ విరుచుకు పడినట్టుగా తయారవుతాయి.



ఆవిధంగా ఫోటో గుణిజం — అంటే ఫోటో మల్టిప్లయర్ (ఫోటో ఉద్గార ప్రభావం మూలంగా ఏర్పడిన కాంతి ప్రవాహాన్ని శక్తివంతమైన సంకేతంగా రూపొందించే సాధనం) పనిచేస్తుంది.

రెండవ సంక్షోభానికి కారణాలు

ఏ అభివృద్ధి క్రమానికైనా రోగాలు రావడం అనేది తప్పనిసరిగా జరుగుతుంది. విజ్ఞానశాస్త్రం, ఇంజనీరింగు రంగాలలో ఏ శాఖ అభివృద్ధి క్రమాన్ని తీసుకున్నా అది ఎన్నో సంక్షోభాలకి లోనవుతుంది. అటువంటి సమయాలలో పాత పద్ధతులనీ, భావాలనీ తిరిగి క్షుణ్ణంగా పరిశీలించాల్సి ఉంటుంది.

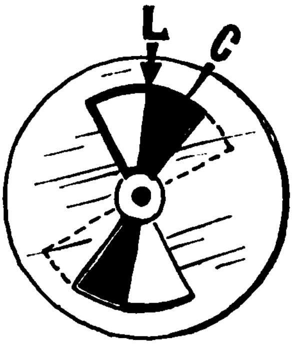
ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎదుర్కొన్న తొలి సంక్షోభం ఫలితంగా చాలా గ్రిడ్‌లుండే వాల్వులు అవతరించాయి.

సెంటీమీటర్ తరంగాల్ని లొంగదీసుకునే ప్రయత్నంలో రాడార్ ఉన్నప్పుడు రెండవ సంక్షోభం వచ్చింది.

ఈ సంక్షోభానికి కారణం ఏమిటి?

సాధారణ డోలాయమాన వలయం LCని గుర్తుకుతెచ్చుకుందాం. క్షమత్వం C, ప్రేరకత L (3. 7)లు ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే దాని సహజ పౌనఃపున్యం అంత తక్కువగా ఉంటుంది. కాని, మన డోలాయమాన వలయం కలపబడిన దానికి ఉండే క్షమత్వం కాకుండా ఇంకా మనకి తెలిసిన పారసైటిక్ క్షమత్వాలు C_{AC}, C_{GC}, C_{AO}

కూడా ఉంటాయి. అతిహ్రస్వ (మీటర్) తరంగాల్లోనే ఈ పారసైట్ల ప్రభావం కనిపిస్తే వాటి కంటే ఇంకా 100 రెట్లు కురచైన తరంగాల సంగతి చెప్పేదేముంది? అలాంటప్పుడు ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లోని ఏదో భాగమే కాదు, ఏకంగా వాల్వే "పారసైట్" అయిపోతుంది. ఒక చిన్న తీగ ముక్క ఆన్టెనాలా పనిచేయడం మొదలెడుతుంది. ఎందుకంటే దాని పొడవు సెంటీమీటర్ తరంగాల పొడవుకి సమాన స్థాయిలో పనిచేసేలా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రోడ్‌లకి వాల్వులోని ఏ పిన్నుల ద్వారా వోల్టేజి అందుతుందో అవి కూడా "పారసైట్‌లు" అయికూర్చుంటాయి. అటువంటి అధిక పౌనఃపున్యాల్లో వాటి ప్రేరకత కూడా గమనించదగినంత ఉంటుంది. అంతర్ ఎలక్ట్రోడ్ క్షమత్వాలతో కలిపి పిన్నులు పారసైటిక్ డోలాయమాన వలయాలు ఏర్పరుస్తాయి.



వాల్వు "అంతా పారసైట్లతో" నిండి పోయుంటుంది. ప్రతిదీ దాని సహజ పౌనఃపున్యంతో కంపించడం మొదలెడుతుంది. అవసరమైన పౌనఃపున్యం ఉండే డోలనాలని తయారుచేయడంలో డోలకానికి అవి అడ్డుతగుల్తాయి. నిజానికి ఆనోడ్ సర్క్యూట్‌ని, ఉదాహరణకి 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యానికి శృతిచేయడం అంత తేలికేమీ కాదు. దాని పౌనఃపున్యం పెంచాలంటే, క్షమత్వం, ప్రేరకతలని తగ్గించాలి. కెపాసిటర్‌ని పూర్తిగా వేరుచేయడం, అలాగే కాయిల్‌లో రెండు – మూడు మినహా మిగతా చుట్లని తీసివేయడం సాధ్యపడుతుంది. అంటే, వలయంలో ఇంకేమీ మిగలదన్నమాట. అయితేనేం, పారసైట్ల ప్రభావం మూలంగా దాని డోలనాల సహజ పౌనఃపున్యం 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల కంటే ఎన్నో రెట్లు తక్కువగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి, 39 సెంటీమీటర్ల నుంచి కొన్ని మీటర్ల (అంటే 1 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల కంటే తక్కువ పౌనఃపున్యాలు) పొడవు దాకా ఉండే తరంగాలకి ఒక శృతిచేయబడిన వలయాన్ని (దీన్నే శీతాకోకచిలుక వలయమని కూడా పిలుస్తారు) రూపొందించారు. శీతాకోకచిలుక రెక్కలు చిన్న కెపాసిటర్‌గా రూపొందుతాయి. కాయిల్‌కి బదులు అందులో చిన్న జంపర్ (పూర్తిగా ఒక చుట్టు కూడా తిరగని చిన్న తీగ మాత్రమే) మిగులుతుంది.

అయినప్పటికీ ఇక్కడ సహజ పౌనఃపున్యం సరిపడినంత ఎక్కువగా ఉండదు. సెంటీమీటర్ తరంగాలని ఉత్పత్తిచేయడానికి అనువాద పౌనఃపున్యాన్ని 10 రెట్లు ఎక్కువ పెంచాలి. అలా పెంచితే శీతాకోకచిలుక వలయంలో ఇంకో లోపం తలెత్తుతుంది.

జంపర్ల పరిమాణానికి సరిపోయేలా తరంగదైర్ఘ్యాలని కురచచేసినప్పుడు జంపర్లు ఆన్టెనాలుగా తయారవుతాయి. అప్పుడు వలయపు డోలన శక్తి నిరుపయోగంగా అంతరాళంలోకి వికిరణం కావడం మొదలయి, వలయపు సామర్థ్యం తీవ్రంగా పడిపోతుంది.

ఈ సమస్యా పరిష్కారానికి నిపుణులు తమ తెలివి తేటలన్నింటినీ ఉపయోగించాల్సి వచ్చింది. వాళ్ల ప్రయోగాల ఫలితంగా కప్పులని పోలిన కొత్త శృతిచేయబడిన వలయాలు అవతరించాయి. చివరికి కొత్త రూపం... ట్రయోడ్ అవతరించింది.

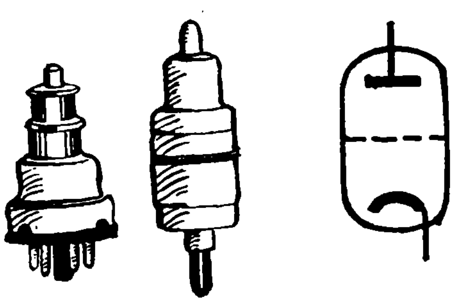
అవును. ఆశ్చర్యపోకండి, టెట్రోడూ కాదు, పెంటోడూ కాదు, ట్రయోడ్ అవతరించింది. అత్యధిక పౌనఃపున్యాల కోసం ఆ ట్రయోడ్‌ని ప్రత్యేకంగా రూపొందించారు. దీనికీ, తక్కువ పౌనఃపున్యాలు గల పాత ట్రయోడ్‌కీ మధ్య పోలిక అతి స్వల్పం.

వేరే రకం ట్రయోడ్

ఇదీ మూలాంశం

4. 11

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల కోసం రూపొందించబడిన ఎలక్ట్రాన్ పరికరాల పెద్ద కుటుంబంలోనివి రెండు మీ ముందున్నాయి. ఈ వాల్వుల లోపల మామూలు ట్రయోడ్‌లో ఉండే అంశాలన్నీ – ఆనోడ్, కేథోడ్, గ్రిడ్, హీటర్ ఉంటాయి. అయితే ఈ వాల్వుల బాహ్య రూపం పాత వాల్వుల రూపానికి ఎంతో భిన్నంగా ఉంటుంది. అంతేకాకుండా, పాత వాల్వులకీ, వీటికీ, లోపల కూడా తేడాలు ఎన్నో ఉన్నాయి.

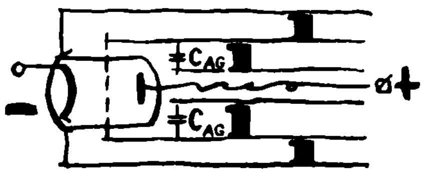


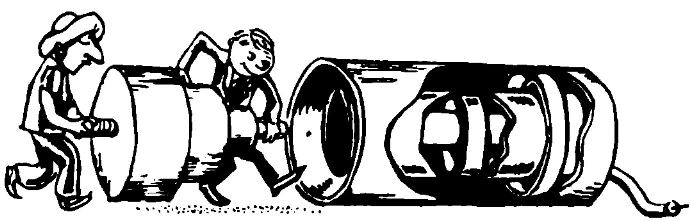
కుడి వైపున వుండే వాల్వు కవచం (తొడుగు) కొన్ని లోహపు సూత్రాలతో చేయబడి ఆ సూత్రాల చివరలు పింగాణీతో కప్పబడి ఉంటాయి. వీటినే లోహ-పింగాణీ వాల్వులు అని పిలుస్తారు.

ఎడమ వైపున్న వాల్వుని లైట్‌హౌస్ వాల్వు అంటారు. దాని తొడుగు మెట్లలా వుండి లైట్‌హౌస్‌ని గుర్తుకు తెస్తుంది. ఈ ట్రయోడ్‌లని ఉపయోగించే అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలకాలను గురించి తెలుసుకునేటప్పుడు అత్యధిక పౌనఃపున్యాల ట్రయోడ్‌లకి అటువంటి వింతైన ఆకారం ఎందుకుంటుందో అర్థమవుతుంది.

4. 12

లైట్‌హౌస్ ట్రయోడ్‌ని ఉపయోగించే డోలకంలో *LC* అంశాలుండే సాధారణమైన శృతిచేయబడిన వలయం ఉండదు. ఇక్కడ శృతిచేయబడిన వలయాలు కప్పుల ఆకారంలో తయారుచేయబడి, వాల్వుయొక్క డిస్కు కొనలకి నేరుగా బిగించబడివుంటాయి. వాల్వూ, తొడుగూ కలిసి ఏకమైపోయాయా అనిపిస్తుంది, పిన్నులు బయటకి కన్పించవు. దాని మూలంగా పారసైటిక్ ప్రేరకత ఉండదు. పారసైటిక్ క్షమత్వం (ఉదాహరణకి C_{AG}) సంగతి వచ్చేసరికల్లా, అది శృతిచేసిన వలయానికి కలపబడివుండడంతో దానిలో అదొక భాగమైపోతుంది.



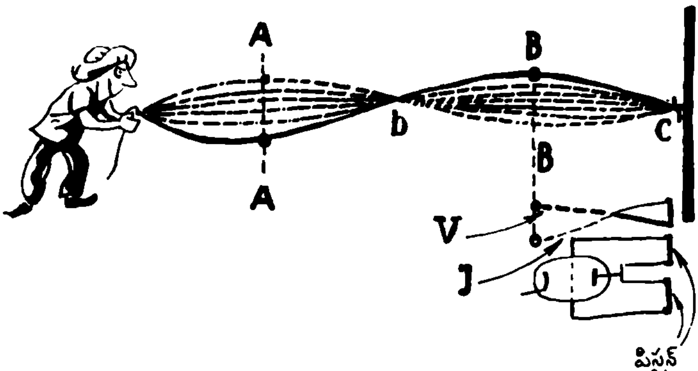


4. 13

ఆటువంటి శృతిచేయబడిన వలయాలని "కోటరాలని (కేవిటీలు)" పిలుస్తారు. వాటిలో స్థిర తరంగాలు ఏర్పడతాయి. అవి, తీగ ఒక కొనని గోడకి కట్టేసి రెండో కొనని చేతితో పైకీ, కిందకీ ఏకరీతిలో ఊపినప్పుడు ఏర్పడే తరంగాలని పోలి వుంటాయి. తరంగం గోడ దాకా వెళ్లి పరావర్తనం చెంది వెనక్కి తిరిగి ప్రయాణం చేస్తుంది. దానికి ఎదురుగా కొత్త తరంగపు శృంగం వెళ్తుంది. అలా ముందుకు వెళ్తున్న

తరంగం, పరావర్తనం చెంది, వెనక్కి తిరిగి వస్తున్న తరంగాలు అధ్యారోపణమవడం వలన తీగ స్థిరమైన తరంగాలని ఏర్పరుస్తుంది. కొన్ని బిందువుల దగ్గర (*AA*, *BB* కింది బొమ్మ చూడండి) లూప్‌లు ఏర్పడతాయి. అక్కడే తీగ గరిష్ఠంగా కంపిస్తుంది. అదే సమయంలో, తరంగాలు ఉన్నప్పటికీ ఇతర బిందువులు (*a*, *b*, *c*) కదలకుండా స్థిరంగా వుంటాయి. వాటినే స్థిర తరంగపు అస్పందన బందువులు (నోడ్‌లు) అంటారు తీగని గోడకి కట్టిన స్థానం, *c* మొదటి అస్పందన బిందువవుతుంది. కోటరంలోని తరంగాల ప్రకృతి సహజంగానే కొంచెం వేరేగా ఉంటుంది. అక్కడ అయస్కాంత, విద్యుత్ బలాల డోలనాల ఏర్పడతాయి.

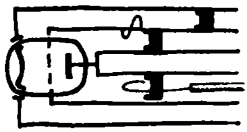
భిన్న ప్రకృతి గల తరంగాల ధర్మాలు ఒకేలాఉంటాయనే విషయం మనకి ఇంకొక సారి అర్థమవుతుంది.



కోటరంలో కూడా లూప్‌లూ, అస్పందన బిందువులూ ఉంటాయి. కోటరంలోని పిస్టన్, తీగ కట్టిన గోడలా పనిచేస్తుంది. ఇది ఒక లఘు వలయం (షార్ట్ సర్క్యూట్). ఈ స్థానంలోనే నిరోధం (తర్వాత వోల్టేజి) సున్నాకి సమానం అవుతుంది (వోల్టేజి వక్రం, *V* చూడండి). కాని నిరోధం తక్కువగా ఉన్నచోట విద్యుత్ ప్రవాహం ఎక్కువగా ఉంటుంది. అందుకనే సరిగ్గా ఇక్కడే విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ ఏర్పడుతుంది (వక్రం *J*ని చూడండి). పిస్టన్ స్థానాన్ని మార్చడం వలన వోల్టేజి అస్పందన బిందువు, విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్‌లు దానితో బాటు కదుల్తాయి. అప్పుడు స్థిర తరంగాల పొడవు మారుతుంది.

కోటరాల సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధి చేయడంలో సోవియట్ శాస్త్రజ్ఞుడు ఎమ్. వెయ్‌మన్ ఎంతో ప్రముఖ పాత్ర వహించాడు.

డోలనాలని ఉత్పత్తిచేయడానికి ఫీడ్‌బాక్ అవసరం. ఒక ప్రత్యేకమైన సంధాన లూప్ సహాయంతో ఆ ఫీడ్‌బాక్‌ని పొందుతారు. ఆ లూప్, ఆనోడ్ వలయం నుంచి గ్రిడ్ వలయానికి శక్తిని ప్రసారం చేస్తుంది.



ఇంకో లూప్, ఆ ఫీడ్ వలయంలోని కొంత శక్తిని ఆన్టెనాకి ప్రసారంచేసి, అంత రాళంలోకి వికిరణం అయేలా చూస్తుంది.

ఎక్కడైతే విద్యుత్ ప్రవాహ లూప్ (పిస్టన్ దగ్గర) ఉందో, అక్కడ అయస్కాంత క్షేత్రం కూడా తీవ్రంగా ఉంటుంది. అందుకనే సంధాన లూప్‌ని సరిగ్గా అక్కడే ఉంచుతారు.

అదే శక్తిని కెపాసిటర్ ద్వారా తీసివేయచ్చు కూడా. వోల్టేజి లూప్‌కి సాధ్యమైనంత దగ్గరగా కెపాసిటర్‌ని ఉంచాలి. అంటే విద్యుత్ బలాలు కేంద్రీకృతమై ఉన్నచోట అన్నమాట.

పిస్టన్‌ని ఎడమ వైపుకీ, కుడి వైపుకీ మార్చడం ద్వారా స్థిర తరంగపు పొడవును మారుస్తూ, కావల్సిన పౌనఃపున్యానికి డోలకాన్ని శృతిచేస్తారు.

ఎలక్ట్రాన్‌ల వేగం బాగా తక్కువ

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల అవధి ఎన్ని ఇబ్బందులని కలిగించిందో దాని బాహ్య రూప ఒక్కటి చూస్తే చాలు, అర్థమవుతుంది. వర్క్యూట్‌లూ, వాల్వులూ, శృతిచేయబడిన వలయాలూ, వీటన్నిటినీ తిరిగి రూపొందించాల్సి వచ్చింది.

కొత్తగా రూపొందించిన ఈ వాల్వుల్లో అన్ని విషయాలనీ పరిగణనలోకి తీసుకున్నట్లే అనిపించింది. అయినా ఈ కొత్త వాల్వులని ఉపయోగించే డోలకాలు 3 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యాన్ని కూడా ఉత్పత్తిచేయలేక పోయాయి. ఆ పౌనఃపున్యం దగ్గర తరంగదైర్ఘ్యం 10 సెంటీమీటర్లు ఉంటుంది. రాడార్‌కి కనీసం పై తరంగానికి 3 రెట్లు కురచయినవి కావాలి. 3 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం ఉన్న తరంగాలు

రాడార్‌కి కావాలి. అంటే, 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా ఉన్న పౌనఃపున్యాలు అన్న మాట. అటువంటి పౌనఃపున్యాల దగ్గర ప్రత్యేకించి అత్యధిక పౌనఃపున్యాల కోసం ప్రత్యేకంగా నిపుణులు రూపొందించిన ఆ కొత్త వాల్వులు కూడా పనిచేయ లేవు.

అయితే, ఎందుకు? వాల్వూ, శృతిచేయబడిన వలయాలూ కలిసి ఒక సమగ్రమైన భాగంగా తయారయాయి కదా. ఇదివరకు ఆటంకంగా వుండే పారసైటిక్ క్షమత్వాలు ప్రస్తుతం శృతిచేయబడిన వలయాలలో లీనమైపోయాయి. ప్రేరకతలు ఇక లేవు. పిన్నులు డిస్కులుగా మారిపోయాయి, డిస్కులు కూడా శృతిచేయబడిన వలయాలతో ఏకమైపోయాయి. మరయితే, అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలనాలని పొందడంలో మనకి అడ్డుతగులుతున్నదేమిటి?

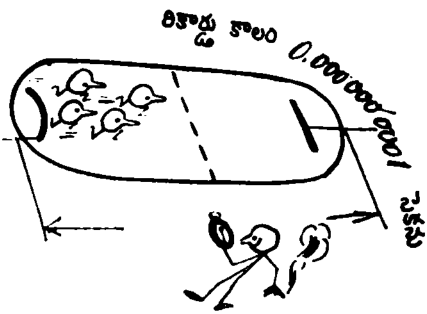
ఇక్కడో అడ్డంకి ఉంది. ఆ వాల్వుల్లో కేథోడ్ ద్వారా ఉద్గారమైన ఎలక్ట్రాన్ ఆనోడ్ వైపుకి చాలా సేపు ప్రయాణం చేస్తుంది. ఏమయింది ఎలక్ట్రాన్‌కి? అడుగడుక్కీ మనం మెచ్చుకున్న దాని చలనశీలత, తేలికతనం ఏమయిపోయాయి?

ఎలక్ట్రాన్ చలనశీలతలో మార్పేమీ రాలేదు. కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్‌కి అది ప్రయాణం చేసే కాలం సెకనులో పది మిలియార్డుల వంతు కాలం మాత్రమే. అది మైక్రో సెకండు కంటే 10 000 వంతు తక్కువన్నమాట. కాని అత్యధిక పౌనఃపున్యాల అవధిలో సెకనులో మిలియార్డో వంతు కాలం కూడా ఎంతో నిర్ణాయక పాత్ర వహిస్తుంది.

సంగతేమిటంటే, 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యాల దగ్గర డోలనాల పూర్తి ఆవర్తన కాలం సరిగ్గా అంతే (సెకనులో పది మిలియార్డులో వంతు) ఉంటుంది. కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్‌కి ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణం చేసే కాలంలో శృతి చేయబడిన వలయంలో వోల్టేజి గరిష్ఠ విలువని చేరి, తర్వాత పడిపోయి, తిరిగి గరిష్ఠ విలువని చేరగలుగుతుంది. దానర్థం, వోల్టేజి మారే వేగంతో పోల్చుకుంటే ఎలక్ట్రాన్ చాలా నెమ్మదిగా ప్రయాణం చేస్తుందనే. అటువంటి అత్యధిక పౌనఃపున్యాల దగ్గర చివరికి ఎలక్ట్రాన్ వేగం కూడా తక్కువే అన్నమాట. మనం సాధారణంగా ఉపయోగించే కాలమానం రీత్యా చూస్తే సెకనులో పది మిలియార్డులో వంతు కాలాన్ని దేంతోనైనా పోల్చడం కూడా సాధ్యమయే పని కాదు. కాని అత్యధిక పౌనఃపున్యాల వాల్వులకి ఆ కాలం ఎంతో ఎక్కువ. ఆ వాల్వులు మనిషి కంటే ఎంతో సున్నితమైనవి.

డోలకంలో అంతా క్షణికంగా జరిగిపోతుందని మనం ఇప్పటిదాకా భావించాము. ఆనోడ్ దగ్గర సంకేతం ఏర్పడి ఫీడ్‌బాక్ వలయం గుండా గ్రిడ్ దగ్గరకి ప్రయాణం చేసి వెంటనే ఆనోడ్‌కి ఓ "త్రోపు"ని ఇస్తుంది.

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల విభాగంలో "వెంటనే" అనే మాటకి వేరే అర్థం ఉంటుంది.



ఆనోడ్ దగ్గర సంకేతం ఏర్పడుతుంది. ఫీడ్‌బాక్ గుండా గ్రిడ్‌కి ప్రయాణం చేస్తుంది. గ్రిడ్ దగ్గర పొటెన్షల్ పెరిగి "మందకొడి" ఎలక్ట్రాన్‌ని ఆనోడ్ వైపు ఒక త్రోపు తోస్తుంది.

కాని కేథోడ్ నుంచి ఆనోడ్‌కి ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణం చేసే లోపల ఆనోడ్ దగ్గరున్న ధనాత్మక అర్ధ-తరంగం బదులు రుణాత్మక అర్ధ-తరంగం వస్తుంది. అక్కడికి ఎలక్ట్రాన్ రావడానికి అది ఏమాత్రం సరైన సమయం కాదు. ఇది సరిగ్గా, డోలకం ఊగే దిశని మార్చడానికి అది ఊగే మార్గంలో గరిష్ఠ బిందువుని చేరిన స్థానం నుంచి తోయకుండా ఏదో ఒక స్థానం నుంచి తోసినట్లు ఉంటుంది. ఎందుకంటే అలాచేసిన ప్రతిసారీ ఊపు ఇచ్చేముందు డోలకాన్ని ముందుగా ఆపాల్సి వస్తుంది. దాని మూలంగా డోలనాలు మరీ పైకి వెళ్లవు సరికదా, తగ్గుతూ పోతాయి.

ట్రయోడ్‌లో కూడా సరిగ్గా అదే జరుగుతుంది. అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలనాల కాలంతో "మందకొడి" ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలాన్ని సరిపోల్చవచ్చు. ఆ కాలం ఆనోడ్, గ్రిడ్‌ల దగ్గర ఉండే డోలనాల మధ్య దశాంతరాన్ని ఏర్పరుస్తుంది (3. 12). అప్పుడు ఫీడ్‌బాక్ వోల్టేజి "లయ విరుద్ధంగా" పనిచెయ్యడం ప్రారంభిస్తుంది.

ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలాన్ని తగ్గించడం ఎలా? ఏముందీ, ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణం చేసే మార్గాన్ని తగ్గిస్తే పోలే! సరిగ్గా ఆ పనే చేశారు. అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలనాల కోసం రూపొందించబడిన ట్రయోడ్‌లతో రేజర్ బ్లేడు అంత మందం ఉండే జాగాలో కేథోడ్, గ్రిడ్, ఆనోడ్‌లని ఉంచారు. ఈ విషయం గురించి చదువుతూంటే, గొప్ప నేర్పరి అయిన కమ్మరి ఈగలకి లోహపు బూట్లని తయారుచేయడం గురించి రష్యన్ రచయిత లెస్కొవ్ చేసిన వర్ణన గుర్తుకువస్తుంది.

కాని ఇక్కడ విషయం తయారీకి సంబంధించిన సమస్య కాదు. ఎందుకంటే వాల్వుల సామర్థ్యం చెడిపోని పక్షంలో ఆధునిక కమ్మరి ఇంకా తక్కువ మందం ఉన్న ఖాళీ జాగాని కూడా తయారుచేయగలడు.

వాల్వ్‌కి వుండే ఆనోడ్ వోల్టేజి చాలా ఎక్కువ. ఆనోడ్‌కి కేథోడ్ మరీ దగ్గరగా ఉన్నప్పుడు ఆ రెండింటి మధ్యా స్ఫులింగం మెరవవచ్చు. అలాగే ఇంకో ప్రమాదాన్ని కూడా పరిగణనలోకి తీసుకోవాలి. ఎలక్ట్రోడ్‌లు ఎంత దగ్గరగా ఉంటే, పారసైటిక్ క్షమత్వం అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. (3. 21). పారసైటిక్ క్షమత్వం ఎక్కువగా ఉన్నప్పుడు కోటరాలు పనిచేయడం మానేస్తాయి. మరి దీనికి పరిష్కారమేమిటి? ఎల క్ట్రోడ్‌లని ఎడంగా జరిపితే ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలం పెరుగుతుంది. దగ్గరకి జరిపినట్లయితే పారసైటిక్ క్షమత్వం పెరుగుతుంది.

ఇది నిజంగా సంక్షోభం కలిగించే విషయమే! సరైన విషవలయం!

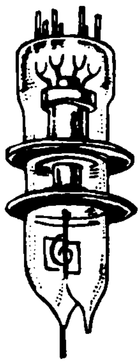
ఒక వేళ ఖాళీ జాగాని అలాగే ఉంచేసి గ్రిడ్, ఆనోడ్, కేథోడ్‌ల వైశాల్యం తగ్గిస్తే బావుంటుందేమో? అప్పుడు క్షమత్వం తగ్గుతుంది, కాని ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలం పెరగదు. కాని ఇది కూడా సమస్యకి ఒక సరైన పరిష్కారం కాదు.

తక్కువ వైశాల్యం ఉన్న కేథోడ్, కావలసినన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లని ఉత్పత్తి చేయలేదు. తక్కువ వైశాల్యం ఉన్న ఆనోడ్ కావల్సినంత విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తీసుకుపోలేదు.

లోహ-పింగాణీ, లైట్‌హౌస్ ట్రయోడ్‌లని రూపొందించేటప్పుడు పై విషయాల న్నింటినీ పరిగణనలోకి తీసుకున్నారు. వాటికి సంబంధించినవి యాదృచ్ఛికంగా ఏమీ ఎన్నుకోలేదు. ఎలక్ట్రోడ్‌లని అంతకు మించి దగ్గరకు తీసుకురాకూడదు. ఎందుకంటే పారసైటిక్ క్షమత్వం అడ్డం వస్తుంది. వాటి వైశాల్యాలని తగ్గించడానికి వీలులేదు. ఎందుకంటే వాల్వ్‌లోని విద్యుత్ ప్రవాహం క్షీణించిపోయి, వాల్వ్ సామర్థ్యం పడిపోతుంది. దూర లక్ష్యాల కోసం రాడార్‌కి శక్తివంతమైన స్పందనాలు అవసరం. అందుకని పై ట్రయోడ్‌లని 10 సెంటీమీటర్ల కంటే ఎక్కువ పొడవున్న తరంగాలని ఉత్పత్తి చేయడానికీ, అంప్లిఫై చేయడానికీ ఉపయోగించడం ప్రారంభించారు. 3 సెంటీమీ టర్ల పొడవున్న తరంగాలని ఉత్పత్తిచేయడానికి కొత్త పద్ధతులని వెదకాల్సి వచ్చింది.

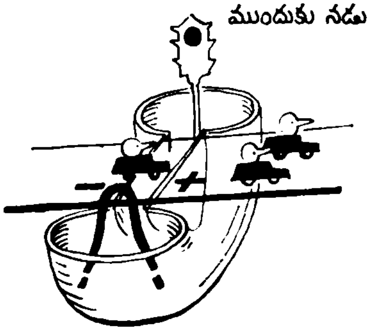
ట్రాఫిక్ లైటులా శృతిచేయబడిన సర్క్యూట్

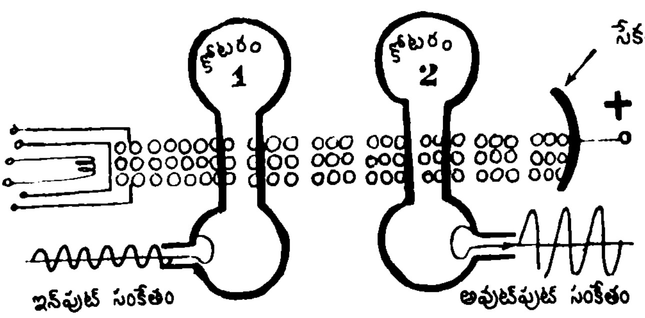
అత్యధిక పౌనఃపున్యాల కోసం రూపొందించబడిన తొలి డోలకాల్లో శృతిచేయబడిన వలయం ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వ్‌తో కలిసిపోయి ఉంటుంది. ఇంకో అడుగు ముందుకువేసి, శృతిచేయబడిన వలయం వాల్వ్‌లోనే ఒక అంశంగా ఉండేలాంటి ఎలక్ట్రాన్ వాల్వ్‌ని రూపొందించడం సాధ్యం కాదా? అది సాధ్యమేనని తేలింది. 3 సెంటీమీటర్ల పొడవుండే తరంగాలని ఉత్పత్తి చేసే డోలకాల — మాగ్నెట్రాన్, క్లైస్ట్రాన్‌ల నిర్మాణం అటువంటిదే.



క్లైస్ట్రాన్ మళ్ళీ ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీనే ఉపయోగిస్తుంది. దాని గురించి మనం ఇంతకుముందే చెప్పుకున్నాం. ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజం క్లైస్ట్రాన్‌లో ఉండే జాగాని దూసుకుపోతూ సేకరణకారి (కలెక్టర్) ఎలక్ట్రోడ్‌ని ఢీకొంటుంది. ఆ ఎలక్ట్రోడ్‌కి ధనాత్మక పొటెన్షల్ ఇవ్వబడుతుంది. కిరణపుంజం దారిలో రెండు అనువాదక కోటరాలని ఉంచుతారు. అవి ''చేగోడీ''ల్లాగా ఉంటాయి. వాటి చిల్లుల్లో గ్రిడ్‌లని ఉంచుతారు. ఆ గ్రిడ్‌ల గుండా ఎలక్ట్రాన్‌లు స్వేచ్ఛగా వెళ్ళగలవు. ''చేగోడీల'' లోపల ఏకాంతర క్షేత్రం – 4. 12, 4. 13 విభాగాలలో చెప్పుకున్న కోటరాల్లోని స్థిర తరంగాలే ఉంటాయి.

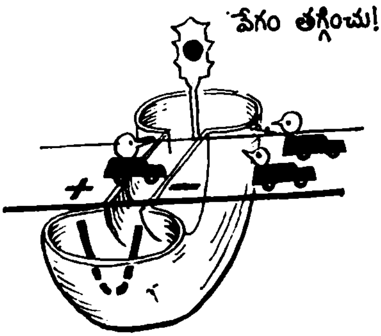
రెండు కోటరాలనీ 3 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యానికి, అంటే 10 000 మెగాహెర్ట్‌జ్‌ల పౌనఃపున్యానికి శృతిచేస్తారు.

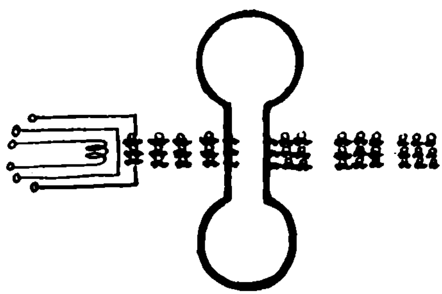




మొదటి నుంచి చివరి దాకా ఎల్రక్ట్రాన్ తన మార్గంలో మొదట కోటరం–1ని ఎదుర్కొంటుంది. ఇక్కడ లూప్ సహాయంతో 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం కల డోలన శక్తి అందించబడుతుంది. ప్రతీ ఆవర్తనంలోనూ ఈ డోలనాలు ఎల్రక్ట్రాన్ మీద ఎన్నో రకాల ప్రభావాన్ని కలిగిస్తాయి. ఆవిధంగా ఎల్రక్ట్రాన్ పుంజం గుంపులుగా తయారవుతుంది.

రద్దీగా ఉన్న సమయంలో ఆటోమేటిక్ ట్రాఫిక్ లైట్లు ఉండే రోడ్లలో సరిగ్గా పైన చెప్పుకున్న విషయంలాంటిదే జరుగుతుంది. ఆకు పచ్చ లైటు ఉన్నంత సేపూ, వేగంగా వెళ్తూ ముందున్న వాళ్లని అందుకోవచ్చు. కాని అదే అదృష్టం లేక ఎర్ర లైటు వెలిగితే బ్రేకువేసి ఆగిపోవాలి. ఈ లోపల వెనకబడిన వాళ్లు వచ్చి మనల్ని కలుసుకుంటారు. మళ్లీ ఆకుపచ్చ లైటు వెలగ్గానే ఒక్కసారి ఎర్ర లైటు ముందు ఆగిన కార్ల గుంపుతో ప్రయాణం సాగించవచ్చు. అలా కొన్ని ట్రాఫిక్ లైట్లు దాటి వెళ్లిన తర్వాత అన్ని కార్లూ గుంపు గుంపులుగా విడిపోతాయి. వెనకబడిన వాళ్ల కోసం లైటు దగ్గర కొంతమంది ఆగిపోతూంటే, ముందున్నవాళ్లని మిగతావాళ్లు అందుకుం టూంటారు.





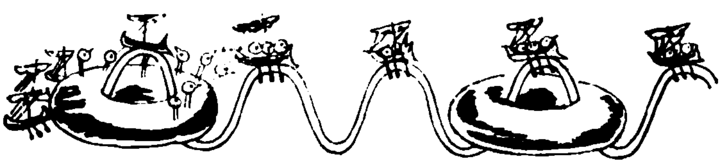
క్లైస్ట్రాన్‌లో కూడా దాదాపు అలాంటిదే జరుగుతుంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు కారులు అనుకుందాం. అనువాదక కోటరాలు ట్రాఫిక్ లైట్ల లాగా పనిచేస్తాయి. ట్రాఫిక్ లైటు ఏదో రంగు లైటుని వెలిగిస్తుంది. దాని ప్రకారం కారును నడిపేవాళ్ళు తమ కార్ల వేగాన్ని మారుస్తూంటారు. అయితే క్లైస్ట్రాన్‌లో వ్యవహారం భిన్నంగా ఉంటుంది. ఇక్కడ కోటరమే వేగాన్ని నియంత్రిస్తుంది. కోటరం గ్రిడ్ గుండా దూసుకుపోయే ఎలక్ట్రాన్‌ల వేగం, పెరగనైనా పెరుగుతుంది లేక తగ్గనైనా తగ్గుతుంది. ఇది ఆ క్షణంలో కోటరంలో పనిచేసే వోల్టేజి అర్ధ-తరంగపు గుర్తుపై ఆధారపడి జరుగుతుంది.

కోటరం – 1లో కుడి వైపు గ్రిడ్ దగ్గర ప్లస్ గుర్తు, ఎడమ వైపు గ్రిడ్ దగ్గర మైనస్ గుర్తు ఉంటే గ్రిడ్‌ల మధ్యమండే విద్యుత్ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్ని పెంచుతుంది. తర్వాతి క్షణంలో గ్రిడ్‌ల గుర్తులు తారుమారవుతాయి. అప్పుడు వాటి మధ్యనుండే ఎలక్ట్రాన్ తన వేగాన్ని తగ్గించుకోవాల్సి వస్తుంది. క్షేత్రం దాని వేగాన్ని తగ్గిస్తుంది. దాని ఫలితంగా, సరిగ్గా రద్దీ మార్గాల మీద కార్ల గుంపుల మాదిరిగానే ఎలక్ట్రాన్ గుంపులు ఏర్పడతాయి.

క్లైస్ట్రాన్ అంటే ఒడ్డుని తాకే తరంగం అని

క్లైస్ట్రాన్ అనే పదం గ్రీకు భాష నుంచి వచ్చింది. దాని అర్థం ఒడ్డున విరిగే సముద్రపు అల అని. అది పని చేసే ప్రధాన సూత్రం దాని పేరులోనే ప్రతిబింబిస్తోంది. మొదటి కోటరం వల్ల పోగయిన ఎలక్ట్రాన్‌లు కోటరం – 2 మీద విరుచుకు పడుతూండే అలలు, తేలే తెప్పలని తాకేట్లు తాకుతాయి. ఒక దాని తర్వాత ఒకటిగా వచ్చే ఎలక్ట్రాన్‌ల గుంపు కోటరం – 2ని దాటుతూపోతూ ప్రతీ గుంపూ కోటరం – 2ని ఒక త్రోపు తోస్తుంది. అటువంటి త్రోపులు సెకనుకు ఎన్ని పునరావృతమవుతాయి?

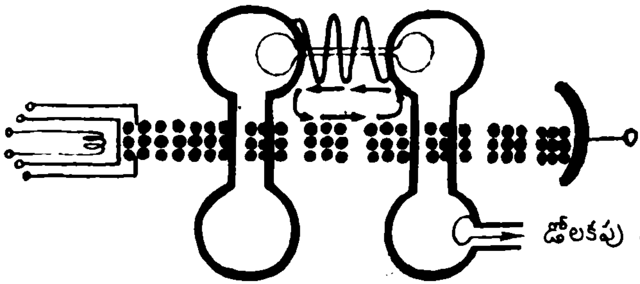
కోటరం – 1 "ట్రాఫిక్ లైట్" దగ్గర గుంపులు పెరుగుతూపోతాయి. కోటరం – 1లో కల్పించబడిన విద్యుత్ డోలనాలు ట్రాఫిక్ లైట్ రంగులుగా పనిచేస్తాయి.



గుంపులుగా చేసేది

పట్టుకునేది

ట్రాఫిక్ లైట్‌లో ఆకుపచ్చ లైటు (వేగాన్ని పెంచే వోల్టేజి అర్ధ-తరంగం), ఎర్ర లైటులు (వేగాన్ని తగ్గించే అర్ధ-తరంగం) 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యంతో ఒక దాని తర్వాత మరొకటి ఉంటాయి. అంటే ఎలక్ట్రాన్ గుంపులు కూడా ఒకదాని తర్వాత ఇంకోటి అదే పౌనఃపున్యంతో వెళ్తూంటాయన్నమాట. ఈ "ఒడ్డున విరిగే అలల్లాంటి తరంగాలు" కోటరం – 2ని (దీన్నే "పట్టుకొనేది" అంటారు) సెకనుకు 10,000,000,000 సార్లు తోస్తాయి. అంటే దాని సహజ పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా అన్నమాట.



అప్పుడు కోటరం – 1కి (దీన్నే "గుంపులుగా పోగుచేసేది" అంటారు) కల్పించబడిన విద్యుత్ డోలనాలు రెండో కోటరానికి ఎలక్ట్రాన్‌ల ధార ద్వారా పంపబడతాయి. రెండు కోటరాలూ అనువాదానికి శృతిచేయబడి ఉంటాయి. రెండో కోటరం దగ్గర డోలనాల డోలన పరిమితి బాగా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే డోలనాలు ఎలక్ట్రాన్‌ల మూలంగానే ఏర్పడతాయి. ఎలక్ట్రాన్‌లు ముందుగా ఒక స్థైతిక క్షేత్రం నుంచి ఎంతో శక్తిని పొందుతాయి. ఎలక్ట్రాన్ తుపాకీలోని త్వరణ ఎలక్ట్రోడ్‌లూ, సంగ్రహణకారుల వలన ఏర్పడిన ఆ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్‌ల వేగాన్ని విపరీతంగా పెంచుతుంది. ఈ విషయంలో క్లైస్ట్రాన్‌కీ, ఆంప్లిఫైయర్‌కీ మధ్య తేడా లేదు. ఏకముఖ విద్యుత్ ప్రవాహ (డి. సి.) జనకం నుంచి శక్తిని తీసుకుని అది డోలనాలని ఆంప్లిఫై చేస్తుంది.

ఆంప్లిఫైయర్‌ని తేలిగ్గా డోలకంగా మార్చవచ్చు. దాని కోసం ఫీడ్‌బాక్‌ని సృష్టించాలంతే. పట్టుకొనే కోటరాన్ని, గుంపుగా పోగుచేసే కోటరాలని కలపడానికి ఒక లూప్‌ని కనక వాడినట్లయితే, పట్టుకొనే కోటరంలో నుంచి కొంత శక్తి వలయం వెంబడి వెనక్కి తిరిగివస్తుంది. తన పనిని నిర్వర్తించడానికి గుంపులుగా పోగుచేసే కోటరానికి ఆ శక్తి సరిపోతుంది. అప్పుడు క్లైస్ట్రాన్‌లో ఒడ్డున విరిగే అలలు ఏర్పడతాయి. తర్వాత ఆ అలలు పట్టుకొనే కోటరాన్ని చేరి దాన్ని ఒక వూపు ఊపుతాయి. డోలనాల శక్తిలో కొంత తిరిగి గుంపుగా పోగుచేసే కోటరానికి అందించబడుతుంది. ఆవిధంగా

విడదీయరాని సంవృత వలయం ఏర్పడుతుంది. క్లిస్ట్రాన్ డోలనాలని ఉత్పత్తిచేయడం మొదలెడుతుంది. ఆ డోలనాల పౌనఃపున్యం కోటరాల సహజపౌనఃపున్యాలకి సమానంగా ఉంటుంది.

కాని ఫీడ్‌బాక్ కోసం క్లిస్ట్రాన్‌లో కోటరాలని ప్రత్యేకమైన లూప్‌తో ఎందుకు సంధానించాల్సి వచ్చింది? కోటరాల్లో గ్రిడ్‌లు ఉన్నాయి కదా! గ్రిడ్‌లకి ఉండే రంధ్రాల ద్వారా ఎలక్ట్రాన్‌ల ధార మొత్తం దూసుకు పోవచ్చు. అలా జరిగిన పక్షంలో తరంగం పట్టుకొనే కోటరంక్‌ని గ్రిడ్‌ల నుంచి దూరి గుంపుగా పోగుచేసే కోటరాన్ని చేరచ్చుగా? ఆవిధంగా ఫీడ్‌బాక్‌ని కలిగించవచ్చుగా?

సంగతేమిటంటే, ఇక్కడ ఏర్పడే తరంగాల పొడవు 3 సెంటీమీటర్లు ఉంటుంది. కాగా గ్రిడ్‌లోని రంధ్రాలు ఎన్నో రెట్లు చిన్నవిగా ఉంటాయి. తరంగం అటువంటి చిన్న రంధ్రాలని "గమనించలేదు." తరంగాలకీ, ఎలక్ట్రాన్‌లకీ కళ్ళే కనక ఉండుంటే, గ్రిడే ఎలక్ట్రాన్‌లకి పారదర్శకంగానూ తరంగాలకి అడ్డు గోడలాగానూ కనిపించేది.

కాలం అవసరం అయింది

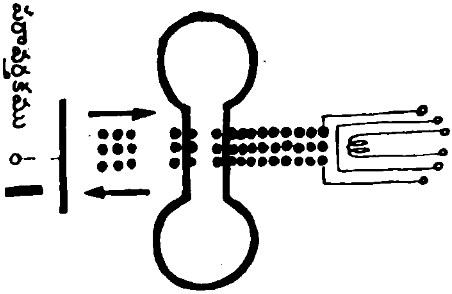
10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యం ట్రయోడ్‌కి తన శక్తిని మించిన భారం అయింది. అవే పౌనఃపున్యాలు క్లిస్ట్రాన్‌కి ఏ ఇబ్బందినీ కలిగించలేదు. ఎందుకని? మళ్ళీ మనం ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలానికి తిరిగివద్దాం. కేథోడ్‌ని వదిలి ఇంకా ఆనోడ్‌ని చేరని ఆ కాలం గురించి మాట్లాడదాం.

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల అవధికి వచ్చేసరికల్లా ట్రయోడ్ బాహ్యాకృతి మారిపోయింది. కొత్త నిర్మాణంలో పారసైటిక్ ప్రేరకత, క్షమత్వాల ప్రభావం వలన కలిగే ఇబ్బందులన్నింటినీ తొలగించడం సాధ్యపడింది. కాని ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలం మాత్రం ఎక్కువగానే ఉండిపోయింది. బయటకి కనపడకుండా, చికిత్సలేని సంకర వ్యాధి లాంటిది ఆ సమస్య.

మరి అటువంటి సమస్య క్లిస్ట్రాన్‌లో ఎలా పరిష్కరించబడింది? అది ఎంతో తమాషాగా జరిగింది. ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణ కాలం ఎక్కువగా ఉండటం ట్రయోడ్‌లో లోపం అయితే, క్లిస్ట్రాన్‌లో అది ఒక తప్పనిసరి విషయం అయింది. ఎందుకంటే, ఏ ప్రక్రియల మీద క్లిస్ట్రాన్ పనంతా ఆధారపడి ఉంటుందో ఆ ప్రక్రియలన్నీ ఆ ప్రయాణ కాలంలోనే జరగాలి. ఆ కాలంలోనే ఎలక్ట్రానులు గుంపులుగా పోగయి, పట్టుకొనే కోటరాన్ని ఉత్తేజింపచేయగలగాలి. అప్పుడు పట్టుకొనే కోటరం నుంచి బలమైన ఆంప్లిఫై చేయబడిన సంకేతం వెల్వడుతుంది.

మరి, పారసైటిక్ క్షమత్వం సంగతేమిటి? కోటరాలకి గ్రిడ్‌లు ఉంటాయి. వాటి గుండా ఎలక్ట్రాన్‌లు దూసుకుపోగలవు. గ్రిడ్‌లని ఒకదానికొకటి దగ్గరగా తీసుకువస్తే అవి ఒక పెద్ద కెపాసిటర్‌లా తయారవుతాయి. కోటరాన్ని 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యానికి శృతిచేయడంలో దాని క్షమత్వం అడ్డుపడితే పడచ్చు. దానర్థం గ్రిడ్‌లని ఒకదానికొకటి దూరంగా ఉంచాలి. గ్రిడ్‌ల మధ్య మార్గం పెరుగుతుంది, దాని వల్ల ప్రయాణ కాలమూ పెరుగుతుంది.

గ్రిడ్‌ల మధ్య ప్రయాణ కాలం అత్యధిక పౌనఃపున్యాల ఆవర్తన కాలంతో సమానమైతే ఎంత ఆసక్తికరమైన చిత్రం ఏర్పడుతుందో! గ్రిడ్‌ల మధ్య ఎలక్ట్రాన్ ప్రయాణంచేసే సమయంలో, డోలనాల ధనాత్మక అర్ధ-తరంగం స్థానంలో రుణాత్మక అర్ధ-తరంగం వస్తుంది. అప్పుడు, ముందు ఎలక్ట్రాన్‌ని పరుగులెత్తించిన తరంగమే, ఆ తర్వాత దాన్ని ఆపడం మొదలెడుతుంది. అప్పుడు త్వరణం — రుణ త్వరణం, త్వరణం — రుణత్వరణాలతో ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ ఎలాంటి గుంపులు ఏర్పడకుండా నిలకడైన ధారగా ప్రవహించడం చూస్తాం. సరిగ్గా ట్రాఫిక్ లైటు ఎరుపు రంగుని వెలిగించి కార్ల ప్రవాహాన్ని ముందుకు పోనివ్వని తక్షణమే అది జరుగుతుంది.



మరి దాన్నుంచి బయటపడే మార్గమే లేదా? గ్రిడ్‌లని దగ్గరకు తీసుకువస్తే క్షమత్వం ఎక్కువగా ఉంటుంది. దూరంగా తీసుకుపోతే కోటరం ఎలక్ట్రాన్‌లని గుంపుగా పోగుచెయ్యడం మానేస్తుంది.

దీనికి ఒకే ఒక ఉపాయం ఉంది. క్లైస్ట్రాన్‌లోని ఎలక్ట్రాన్-తుపాకీ ఎలక్ట్రాన్‌లని ఎంతో ఎక్కువ వేగాలకి త్వరణం చెందిస్తుంది. కాని ఎలక్ట్రాన్ మొత్తం ప్రయాణ కాలం చెప్పుకోదగినంత ఉంటుంది. ఎందుకంటే కేథోడ్‌కీ సంగ్రాహకానికీ మధ్య దూరం ఎక్కువగానే ఉంటుంది. కాని గ్రిడ్‌లని ఒకదానికొకటి దూరంగా ఉంచినా కూడా ఆ కాస్త దూరాన్ని ఎలక్ట్రాన్ ఎంతో వేగంగా అధిగమిస్తుంది. కాబట్టి గ్రిడ్‌లని దూరంగా జరపవచ్చన్నమాట. ఆవిధంగా క్షమత్వం వలన కలిగే దుష్ప్రభావాన్ని

తగ్గించవచ్చు. అదే సమయంలో అత్యధిక పౌనఃపున్యాలుండే సంకేతాలతో కూడా పని జరిపించవచ్చు.

మళ్లీ గెలుపు క్లైస్ట్రాన్‌దే. అత్యధిక పౌనఃపున్యాలుండే డోలనాల విభాగంలో క్లైస్ట్రాన్‌తో పోటీకి రాలేనని ఇంకోసారి ట్రయోడ్ ఒప్పుకోవాల్సిందే. అందులోనూ అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలనాలని తయారుచేయడంలో క్లైస్ట్రాన్ ఎప్పుడైతే రెండింటి బదులు ఒకే కోటరంతో పనిచేయడం మొదలెట్టిందో అప్పుడే దానికి పూర్తిగా పోటీ లేకుండా పోయింది.

ఆ రకం క్లైస్ట్రాన్‌లో (దాన్నే రిఫ్లెక్స్ క్లైస్ట్రాన్ అంటారు) ఒక కొత్త భావాన్ని ప్రవేశపెట్టారు. డోలనాలని పొందడం కోసం పట్టుకొనే కోటరం, గుంపులుగా పోగు చేసే కోటరాలని సంధానం చేయడానికి లూప్‌ని ఇంకా వాడాల్సివస్తున్నప్పుడు, పట్టుకో డానికి, పోగుచేయడానికి ఒకే కోటరాన్ని ఎందుకు ఉపయోగించ కూడదు అన్నదే ఆ భావం.

ఆ భావం నిజమైంది కూడానూ. కోటరం సహాయంతో ఎలక్ట్రాన్‌లని పోగు చేసి ఒక పరావర్తకం వైపు అవి ఎగిరేలా చేస్తారు. రుణాత్మక పొటెన్షల్ ఉండే ఎలక్ట్రోడే ఆ పరావర్తకం. పరావర్తకాన్ని క్షేత్రం ఆవరించి ఉంటుంది. గోడకి కొట్టిన బంతి అదే వేగంతో వెనక్కి తిరిగి వచ్చినట్లు ఎలక్ట్రాన్‌లు ఆ క్షేత్రం నుంచి వెనక్కి ఎగిరి వస్తాయి. వెనక్కి ఎగిరి వచ్చే ఎలక్ట్రాన్‌లు అవే గుంపులలో కోటరానికి చేరి దానికి తమ శక్తినంతా ట్రోపుల రూపంలో ఇచ్చివేస్తాయి. ఆ గుంపులు ఒకదాని తర్వాత ఇంకోటి ట్రోపులనిస్తూ పోతాయి.

ఆ ట్రోపుల పౌనఃపున్యం (అంటే డోలనాల పౌనఃపున్యం) అనువాదక కోటరపు సహజ పౌనఃపున్యంతో తప్పకుండా సరిపోతుంది. ఎందుకంటే, కోటరం కలిపి గుంపులుగా పోగుచేయడం, శక్తిని పట్టుకోవడం, ఫీడ్‌బాక్, ఈ ప్రక్రియలన్నిటినీ అదే చేస్తుంది.

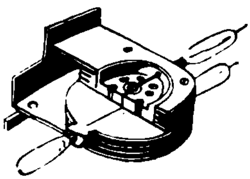
రిఫ్లెక్స్ క్లైస్ట్రాన్‌ల తొలి నమూనాలని 1941లో వి. కొవలెంకొ రూపొందించాడు. అటువంటి వాటినే అతనితో సంబంధం లేకుండా స్వతంత్రంగా ఎన్. దెవ్యత్కొవ్, ఐ. పిస్కునొవ్‌లు తయారుచేశారు.

కాని రిఫ్లెక్స్ క్లైస్ట్రాన్‌లకి సంబంధించిన ఊహ మాత్రం ఎప్పుడో తలెత్తింది. 1932వ సంవత్సరంలో సోవియట్ రేడియో ఇంజనీరింగ్ విభాగానికి మార్గదర్శకుల్లో ఒకడైన డి. రొఝాన్‌స్కి ఆ ఊహని ప్రతిపాదించాడు.

మాగ్నెట్రాన్‌లో కూడా ఉపయోగపడేది ఎలక్ట్రానే

ఇదీ మూలాంశం

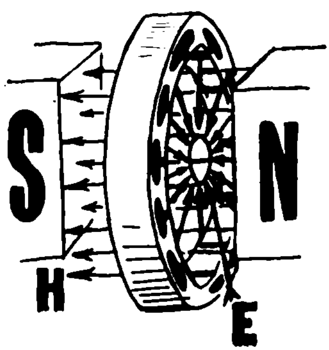
4. 15

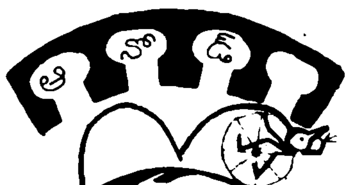


అత్యధిక పౌనఃపున్యాలని ఉత్పత్తిచేయడానికి ఉద్దేశించబడిన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల జాబితాలోకి చెందిందే ఈ సాధనమూనూ. దాని పేరే మాగ్నెట్రాన్. దాన్ని 1920 దశకంలోనే కనుగొన్నారు. కాని దానికి చెప్పుకోదగిన ఆదరణ మాత్రం, రాడార్ ద్వారా సెంటీమీటరు తరంగాల్ని లాంగదీసుకునే ప్రయత్నాలు మొదలెట్టిన తర్వాతే లభించింది. సరిగ్గా అప్పుడే సోవియట్ ఇంజనీరులు ఎన్. అలెక్సేయెవ్, డి. మల్యారొవ్‌లు ఎమ్. బోంచ్ – బ్రుయేవిచ్ ఆధ్వర్యంలో తొలి బహుగోళ (మల్టిస్ఫియర్) మాగ్నెట్రాన్ రూపొందించారు.

4. 16

ఏకకాలంలో విద్యుత్తూ, అయస్కాంత బలాల ప్రభావానికి లోనైన ఎలక్ట్రాన్ ప్రవర్తన ఎలా ఉంటుందో మనం ఇంతకు ముందే చెప్పుకున్నాం (ప్రకరణం 3, ''ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాలు''). అయస్కాంత కటకాల్లో అయస్కాంత క్షేత్ర బలాలు,



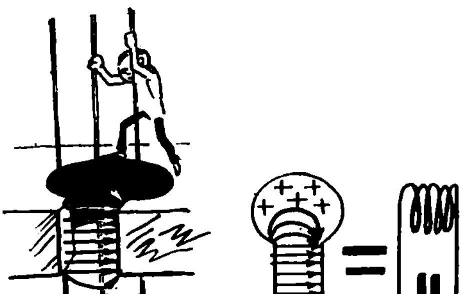


ఎలక్ట్రాన్‌ల మార్గం ఉండే దిశలో పనిచేస్తాయి. మాగ్నెట్రాన్‌లో ఆ బలాలు దానికి అడ్డంగా పనిచేస్తాయి. అయితే, ఈ సందర్భంలో కూడా అయస్కాంత బలాల ప్రభావంలో వాయు విన్యాసాల ప్రక్రియలన్నీ ఎలక్ట్రాన్ తుణ్ణంగా తెలుసుకోవాల్సి ఉంటుంది. ఇక్కడది చక్రాభము (సైక్లోయిడ్) అని పిలవబడే క్లిష్టమైన వక్రంలో చలిస్తుంది. కదిలే చక్రపు అంచు మీద ఏ బిందువైనా సరిగ్గా అటువంటి వక్రంలోనే చలిస్తుంది. అదే సమయంలో అయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావం నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లని బయటకి లాగ దానికి ఆనోడ్ ప్రయత్నిస్తుంటుంది. ఎప్పటిలాగానే ఇక్కడా ఒక విశిష్టమైన పోటీ జరుగుతూన్నట్లుంటుంది. ఆనోడ్‌లోని విద్యుత్ క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్‌వి తిన్నగా ఎగిరేలా చేస్తే, అయస్కాంత క్షేత్రం దాన్ని సాధ్యమైనంత వంచడానికి ప్రయత్నిస్తుంది.

అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని తీవ్రం చేసినకొద్దీ వంగడం ఎక్కువవుతుంది. అదే ఆనోడ్ క్షేత్ర బలాన్ని పెంచితే చక్రాభపు వంకరలు తిన్ననవుతాయి. చక్రాభపు వంకరలు ఆనోడ్‌ని చేరకుండా ఉండటానికి, ఆనోడ్ మీద ఎలక్ట్రాన్ వచ్చి పడకుండా ఉండటానికి మాగ్నెట్రాన్‌లో అటువంటి విరుద్ధ క్షేత్రాల బలాలని ఎంపికచేసుకున్నారు.

4. 17

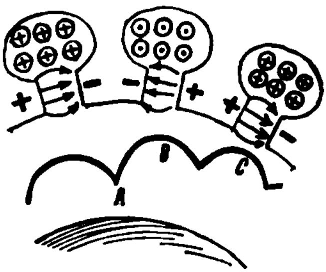
స్థైతిక క్షేత్రాలే కాకుండా, మాగ్నెట్రాన్‌లోని కోటరాల్లో ఏర్పడే "మారే క్షేత్రం" కూడా ఎలక్ట్రాన్ మీద తన ప్రభావాన్ని చూపెడుతుంది. ఆ కోటరాలు సరిగ్గా ఆనోడ్ లోపలే ఉంటాయి. ఆ కోటరాలు అంటే బహుగోళాల మూలంగానే



పరికరానికి మల్టిస్ఫియర్ మాగ్నెట్రాన్ అనే పేరు వచ్చింది. (గోళాలని గదులు అనుకోవచ్చు — అను.) ఆ గదులే అయస్కాంత బలాలని కేంద్రీకరిస్తాయి. పొడుగుపాటి చీలికల్లో విద్యుత్ బలాలు పనిచేస్తాయి. చీలికలు శృతిచేయబడిన వలయాలలోని ఒక రకం కెపాసిటర్లలా పనిచేస్తే, కోటరాలు కాయిల్లలా పనిచేస్తాయి.

4. 18

క్లైస్ట్రాన్‌లో లాగానే, శృతిచేయబడిన వలయపు క్షేత్రం తన గుండా వెళ్తున్న ఎలెక్ట్రాన్‌ల వేగాన్ని గదిలో ఆ సమయంలో పనిచేసే డోలనాల అర్ధ-తరంగపు గుర్తుని బట్టి పెంచగలదూ అలాగే తగ్గించమాగలదు. ఏదో ఒక గది ద్వారా ఏర్పడిన రుణ త్వరణపు క్షేత్రాన్ని ప్రవేశించిన ఎలెక్ట్రాన్ తనలోని కొంత శక్తిని దానికి ఇచ్చేస్తుంది. అప్పుడా ఎలెక్ట్రాన్ తిరిగి కేథోడ్‌ని చేరడానికి కావల్సిన సమయం గడచే లోపలే తన బలాన్ని కోల్పోతుంది. బిందువు *A* దగ్గర దాని వేగం సున్నాతో సమానమవుతుంది.

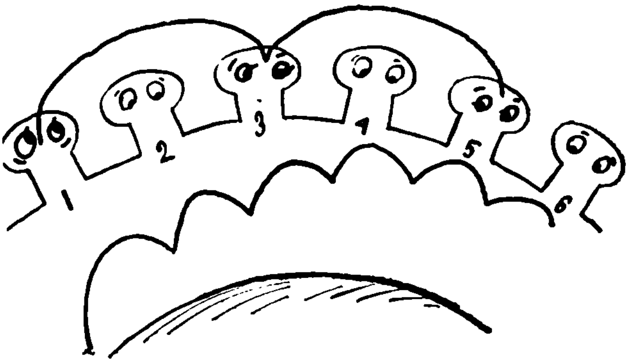


కాని, అప్పుడు ఆ ఎలెక్ట్రాన్ని పక్కనున్న గది గ్రహిస్తుంది. అక్కడ ఎలెక్ట్రాన్ తిరిగి బలాన్ని పుంజుకుని అదే బిందువు *A* దగ్గర బయలుదేరి తర్వాతి వక్రంలో ప్రయాణం సాగిస్తుంది. అప్పుడది తర్వాతి గదిని (బిందువు *B*) చేరుతుంది.

4. 19

ఆ గదులు ప్రత్యేకమైన సంధానకాల సహాయంతో ఒక దానితో మరొకటి కలప బడి ఉంటాయి. అందులోనూ ఆ గదులకి నంబర్లని వేస్తే సరి సంఖ్య ఉన్న గదులన్నీ ఒకదానితో మరొకటీ, అలాగే బేసి సంఖ్య ఉన్న గదులన్నీ ఒకదానితో మరొకటి కలపబ డివుంటాయి. కాబట్టి ఏదైనా ఒక నిర్దిష్ట క్షణంలో ఒకే అర్ధ-తరంగం సరి సంఖ్య వున్న అన్ని గదుల మీదానూ (లేకపోతే బేసి సంఖ్య వున్న అన్ని గదుల మీదానూ) ప్రభా వాన్ని కలిగిస్తుంది.

పక్క పక్కన వున్న గదుల్లో డోలనాలు విరుద్ధ దశల్లో ఉంటాయి. ఒక సమ యంలో గది -1 యొక్క క్షేత్రం ఎలెక్ట్రాన్‌ల వేగాన్ని తగ్గిస్తే, గది -2 యొక్క క్షేత్రం వాటి వేగాన్ని పెంచుతుంది. కాని మొదటి గదిని వదిలి ఎలెక్ట్రాన్ వక్రంలో రెండో గదిని చేరే లోపల సరిగ్గా ఒక అర్ధ-డోలనావర్తన కాలం గడుస్తుంది. గదుల్లోని

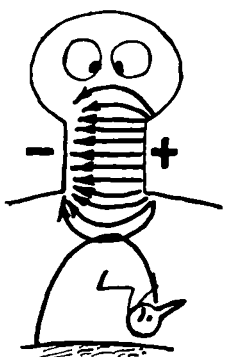


అర్ధ-తరంగాల గుర్తులు తారుమారవుతాయి. ఇప్పుడు రెండో నంబరు గదిలో వేగాన్ని తగ్గించే క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది.

ఇక్కడ ప్రతీ విషయం కచ్చితంగా లెక్కగట్టబడింది. వరుసగా ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా అన్ని గదులనీ ఎలక్ట్రాన్ చుట్టబెడుతుంది. ప్రతీ గదిలోనూ వేగాన్ని తగ్గించే అర్ధ-తరంగం చురుకుగా పనిచేసే సమయంలోనే ఎలక్ట్రాన్ సరిగ్గా గదిని చేరుతుంది. అప్పుడా ఎలక్ట్రాన్ దాని శక్తిలో కొంత భాగాన్ని గదికి ఇచ్చేస్తుంది. ఆవిధంగా అన్ని గదులకీ, వరుసగా శక్తినంతా ఇచ్చేసి చివరికి ఆనోడ్ మీద పడిపోతుంది.

4. 20

పొరపాటున ఏదైనా ఎలక్ట్రాన్ అతి స్వల్ప కాలం ఆలస్యమయి గది – 1 దగ్గర వేగాన్ని పెంచే అర్ధ – తరంగం చురుగ్గా ఉన్నప్పుడు ఆ గదిని చేరిందనుకుందాం.



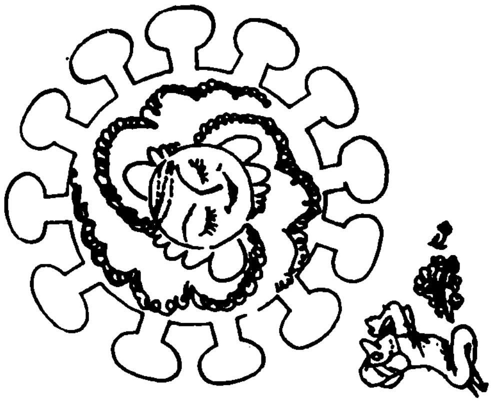
అప్పుడు దాని భవిష్యత్తు ఇంకోలా ఉంటుంది. ఆ గది నుంచి ఇంకా ఎక్కువ శక్తిని గ్రహించి ఎలక్ట్రాన్ ఎగరడం మొదలెడుతుంది. అది చక్రాభపు వక్రాన్ని పూర్తి చేసుకుని, తన వేగం మున్నాకి రావడానికి ముందే కేథోడ్‌ని చేరుకుంటుంది. కేథోడ్‌ని ఢీకొని తనలో శక్తినంతా దానికిచ్చేసి ఆ ఎలక్ట్రాన్ తర్వాతి ఆటలోంచి తప్పుకుంటుంది.

గదుల్లోని ఏకాంతర వోల్టేజికి సరైన దశలో లేని ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ కూడా దాని వెనకాలే వచ్చి కేథోడ్‌ని ఢీకొంటాయి. అవన్నీ కూడా తమలో

మిగిలిన శక్తినంతా కేథోడ్‌కి ఇచ్చివెయ్యడంతో కేథోడ్ చల్లారదు సరికదా, ఆ "ఎల క్ట్రాన్‌ల వాన" దెబ్బకి వేడెక్కుతుంది. ఆ వేడి ఎంత ఎక్కువ ఉండచ్చంటే మాగ్నెట్రాన్‌లోని హీటర్‌ని ప్రక్రియముందు మాత్రమే ఆన్ చేసి మాగ్నెట్రాన్ డోలనం చేయడం ప్రారంభించగానే దాన్ని ఆపివేస్తారు.

4. 21

వోల్టేజితో ఒకే దశలో ఉన్న ఎలక్ట్రాన్‌లు గదిలో వున్న క్షేత్రంతో వేరే విధంగా అన్యోన్యచర్యని జరుపుకుంటాయి. దానికి కారణం, వోల్టేజికి సంబంధించిన రుణ త్వరణ అర్ధ-తరంగం చురుకుగా ఉన్న సమయంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు చక్రాభంలో వేర్వేరు భాగాల దగ్గర ఉండటమే.



ఎలక్ట్రాన్ ఎంత వేగంగా ప్రయాణం చేస్తే, అంత తీవ్రంగా దాని వేగం తగ్గించబడుతుంది. మందగతి ఎలక్ట్రాన్‌లు శీఘ్ర ఎలక్ట్రాన్‌లని వచ్చి కలుసుకుంటాయి. ఆ విధంగా గుంపులు ఏర్పడతాయి. ఆ గుంపులు తిరిగే చక్రంలోని కమ్ముల్లా (స్పోక్స్) తిరుగుతూంటాయి.

4. 22

గుంపుల్లో ఎలక్ట్రాన్‌లు వదిలేసిన శక్తి, మాగ్నెట్రాన్‌లోని కోటరాల్లో (గదుల్లో) డోలనాలు కొనసాగేలా చేస్తుంది.

ఆ డోలనాల పౌనఃపున్యం కోటరాల సహజ పౌనఃపున్యానికి సమానం. ఆ పౌనఃపున్యం 10 000 నుంచి 100 000 మెగాహెర్ట్జ్‌లని కూడా చేరుకోవచ్చు. ఏ

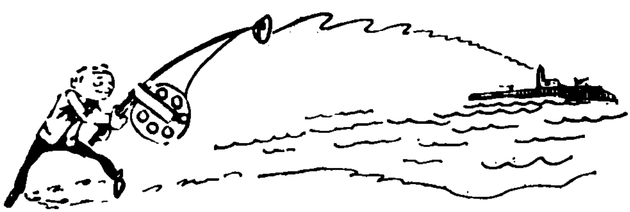
గదిలోనైనా లూప్‌ని ఉంచి డోలన శక్తిని తీసివేయవచ్చు. సెంటీమీటర్ లేక మిల్లీమీటర్ తరంగాలని వికిరణం చేయడానికి ఆ శక్తిని ఆన్టెనాకి పంపించవచ్చు.

4. 23

మాగ్నెట్రాన్‌ని క్లైస్ట్రాన్‌తో పోల్చిచూస్తే మాగ్నెట్రాన్‌కి ఉండే సుగుణాలు చక్కగా తెలుస్తాయి. క్లైస్ట్రాన్‌లో ప్రతి ఎలక్ట్రానూ కోటరంతో ఒకే ఒకసారి అన్యోన్యచర్య జరుపుతుంది. అదే మాగ్నెట్రాన్‌లో ఎలక్ట్రాన్ చక్రాభంలో గుండ్రంగా తిరుగుతూ ఎన్నో కోటరాలు మీద ఒకేసారి చర్య జరుపుతుంది. అయస్కాంత క్షేత్రం ఎలక్ట్రాన్‌ని గుండ్రంగా చుట్టూ తిరిగేలా చేస్తుంది.

పునరావృతమయే గుంపుల ప్రతిచర్య మూలంగా బలమైన డోలనాలు మాగ్నెట్రాన్ కోటరాల్లో ఏర్పడతాయి. స్పందనాల సామర్థ్యం వందల, వేల కిలోవాట్‌లని చేరుకుంటుంది. రాడార్ కేంద్రంలోని ఆన్టెనాకి ఈ స్పందనాలని పంపుతారు. ఆన్టెనా, ఆ స్పందనాలని లక్ష్యం (విమానమో, రాకెట్టో) దిశలో పంపుతుంది.

మాగ్నెట్రాన్‌లో ఎంత క్లిష్టమైన ప్రక్రియలు చోటు చేసుకుంటున్నా, వాటికి ఆధారమైన సూత్రాన్ని మాత్రం మనం అన్ని ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లోనూ చూస్తాం. ఆవేశితమైన ఎలక్ట్రాన్ స్థైతిక క్షేత్రం, మారే క్షేత్రాల బలాలతో అన్యోన్యచర్య జరుపుకోడమే ఆ సూత్రం.



అమాయకమైన ప్రశ్నలు, సృజనాత్మకత

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాల్లో ప్రధానమైన వాటిని గురించి మనం పైపైన చెప్పుకున్నా ఆ పౌనఃపున్యాల వ్యాప్తికి సంబంధించి రూపొందిన సూత్రాలూ, నిర్మాణాలూ ఎంత వైవిధ్యాన్ని కలిగి వున్నాయో స్పష్టంగా అర్థమవుతుంది. మనం పరిశీలించిన అన్ని సాధనాలకీ ఒక్క విషయం మాత్రం ఉమ్మడిగా వుంది. ఆ సాధనా

లన్నింట్లోనూ కూడా అనువాదం ఉపయోగించబడింది. ఇంకోలా చెప్పాకుంటే, అనువాదమే ఆ సాధనాలన్నింట్లోనూ వుండే లోపం కూడానూ. ఎందుకంటే సంకేత పౌనఃపున్యం, శృతిచేయబడిన వలయపు సహజ పౌనఃపున్యంతో ఏకమైనంత సేపూ అంతా బాగానే వుంటుంది. కాని డోలనాల పౌనఃపున్యం మార్చాల్సివస్తే ఏంచెయ్యాలి?

దాని కోసం క్లిస్ట్రాన్‌లో పరావర్తన వోల్టేజిని మారుస్తారు. కాని దీనివల్ల అతి తక్కువ అవధిలో మాత్రమే పౌనఃపున్యాలు మార్చడం సాధ్యపడుతుంది. కోటరాలని సంకేతం కంపింపచేయగలిగినంతసేపు మాత్రమే అది కుదురుతుంది. అది కూడా "త్రోపుల" పౌనఃపున్యం, కోటరాల సహజ పౌనఃపున్యానికి దగ్గరయినప్పుడే సాధ్యమవుతుంది (3.8, 3.9).

కోటరపు శృతిలో మార్పులు చేయడం ఎంతో క్లిష్టమైన వ్యవహారం. గ్రాహకాల్లో కూడా ఇదే సమస్య ఎదురవుతుంది. ఇతర పౌనఃపున్యాల సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేయడానికి బదులు వాటి వలయాలని తిరిగి శృతిచెయ్యాల్సిన అవసరం వస్తోంది.

చాలా కాలంపాటు ఈ సమస్య సమస్యగానే వుండిపోయింది. కొత్తదాన్ని దేన్నీ ఆవిష్కరించడం అసాధ్యం అనిపించింది. అన్ని సాధనాల్లోనూ సరిగ్గా ఒకే విధమైన లోపం ఉంటోంది. ఒక పౌనఃపున్యం దగ్గర అద్భుతంగా పనిచేస్తున్నాయి. కాని పౌనఃపున్యాన్ని పెద్ద అవధిలో మార్చడానికి గాని, విభిన్న పౌనఃపున్యాలతో అసంఖ్యాకమైన డోలనాలుండే సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేయడానికి గాని అవకాశమేదీ కనిపించలేదు.

అదే సమస్యని ఎదుర్కొన్న ఆవిష్కర్త వున్నట్టుండి కొన్ని అమాయకపు ప్రశ్నలు వేశాడు.

తప్పనిసరిగా శృతిచేయబడిన వలయమే ఎందుకు అవసరం? తప్పనిసరిగా అనువాదం కావాలా?

అతని అమాయకత్వాన్ని అర్థంచేసుకోవచ్చు. ఎందుకంటే, అత్యధిక పౌనఃపున్యాల కోసం నిర్దేశించబడిన ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలని రూపొందించడంలో ఎన్ని కష్టాలని అధిగమించాల్సి వచ్చిందో ఆ ఆస్ట్రియన్ వాస్తుశిల్పి, రుడోల్ఫ్ కోంఫ్నర్‌కి ఏం తెలుసు?

కాని ఎలక్ట్రానిక్స్ అదృష్టం పండింది. ఎందుకంటే అటువంటి అమాయకపు ప్రశ్నలని వాస్తుశిల్పి అడగాల్సిందే కాని భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు అడగడు. రకరకాల పరిస్థితుల్లో శృతిచేయబడిన వలయాల సహాయాన్ని తీసుకోవడం బాగా అలవాటైన ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాల రూపకర్తలకి సరిగ్గా ఆ అమాయకత్వమే కొరవైందేమో!

కోంఫ్నర్ ఎంచుకున్న మార్గం ఎంతో అనూహ్యమైనది. కోటరాన్ని తీసివేసి, ఎలక్ట్రాన్ గుంపులకీ, వాటిపక్కనే ప్రయాణం చేస్తున్న విద్యుదయస్కాంత తరంగాలకీ మధ్య అన్యోన్య చర్య జరిగేలా చూడటానికి కోంఫ్నర్ నిర్ణయించుకున్నాడు.

అయితే తరంగమూ, ఎల్క్ట్రాన్ ధారలు పక్క పక్కనే ఎలా ప్రయాణం చేయ గలుగుతాయి? తరంగం కాంతి వేగంతో ప్రయాణం చేస్తే, ఎల్క్ట్రాన్‌లు దానికన్న 10–15 రెట్లు తక్కువ వేగంతో పయనిస్తాయి. కాంతి వేగాన్ని కణం ఎప్పటికీ అందుకోలేదు. ఆవిషయాన్ని ఐన్‌స్టెయిన్ ఎప్పుడో నిరూపించాడు. సామెతలో చెప్పి నట్లు కొండ మహమ్మదు దగ్గరికి రాకపోతే, మహమ్మదే కొండ దగ్గరికి వెళ్లాలేమో?

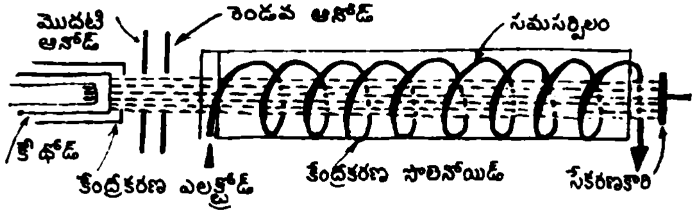
ఎల్క్ట్రాన్, తరంగ వేగాన్ని అందుకోలేదు. సరే, బాగానే వుంది.

అయితే, తరంగ వేగాన్ని ఎందుకు తగ్గించకూడదు? నిపుణుల దృష్టిలో యిదింకో అమాయకపు ప్రశ్న. తరంగం కాంతి వేగంతో మాత్రమే పయనించగలదు. దాని వేగాన్ని మార్చడం ఎవరివల్లా కాదు.

అయితే, కోంప్నర్ ఒక్క అమాయకుడే కాదు. ఒక అమాయకపు ప్రశ్న వేసుకుని, దానికి ఒక సృజనాత్మకమైన జవాబుని కూడా అతడు ఊహించాడు. ప్రయాణం చేస్తున్న తరంగ వేగాన్ని తగ్గించలేకపోతే, బహుశా దాని మార్గాన్ని పొడిగించవచ్చేమో? తరంగం ఒక సమసర్పిలం (హెలిక్స్) వెంబడి ప్రయాణం చేస్తూన్నట్లు ఆయన ఊహించాడు. తరంగం సమసర్పిలం చుట్ల వెంబడి కాంతి వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది. అయితే, అది తర్వాతి చుట్టుని చేరడానికి ఎంత కాలం పడుతుంది? దాన్ని తేలిగ్గానే అర్థంచేసు కోవచ్చు. చుట్టు పొడవు కంటే చుట్ల మధ్య దూరం ఎన్ని రెట్లు తక్కువగా వుంటే అన్ని రెట్లు నెమ్మదిగా తరంగం ఒక చుట్టు నుంచి మరో చుట్టుకి ప్రయాణం చేస్తుంది.

తరంగం పక్కనే ఎల్క్ట్రాన్‌లు ప్రయాణం చేస్తూంటాయి. ఆరంభంలో అవి తరంగం కంటే కొంచెం ముందుకు పోతాయి. ఆ తర్వాత తరంగం వాటి వేగాన్ని తగ్గి స్తుంది. ఆ సందర్భంలో తరంగానికి శక్తి ప్రసారం చేయబడుతుంది. క్లిస్ట్రాన్‌లోనూ, మాగ్నెట్రాన్‌లోనూ కోటరాన్ని దాటి వెళ్తూండే క్షణంలో ఎల్క్ట్రాన్ తన శక్తిని కోటరానికి ఇస్తుంది. అప్పుడు ఎల్క్ట్రాన్‌లూ, తరంగమూ తమ దారి పొడుగునా అన్యోన్య చర్యలో పాల్గొంటాయి. దీని వల్ల ఆంప్లిఫికేషన్ ప్రభావం యిక్కడ బాగా కన్పిస్తుంది. క్లిస్ట్రాన్ సంకేతాలని పది రెట్లు ఆంప్లిఫై చేస్తే కోంప్నర్ రూపొందిం చిన సాధనం మిలియన్ రెట్లు ఆంప్లిఫై చేస్తుంది. అంతకు మించి యింకేం కావాలి? పైగా కోటరాలూ అవసరం లేదు, తిరిగి శృతిచేయాల్సిన అవసరమూ లేదు. ఈ గొట్టం విస్తృత పరిధి గల పౌనఃపున్యాల్లో పనిచేయగలదు.

ఈ సాధనాన్ని కనుగొన్నందుకు వాస్తు శిల్పి కోంప్నర్‌కి "డాక్టర్ ఆఫ్ ఫిజిక్స్" బిరుదాన్ని ప్రదానం చేశారు. ఆ సాధనాన్ని "పయనించే తరంగపు గొట్టం" అని పిలి చారు.



స్పందనాలూ, బురతినో

డోలన పౌనఃపున్యాన్ని విస్తృత పరిధుల్లో మార్చ గలిగే అవకాశం ఉండడమే ఈ "పయనించే తరంగపు గొట్టానికి" వున్న గొప్ప సుగుణం. (డోలనాలని ఉత్పత్తి చేయడానికి తిరోగామి (బాక్‌వర్డ్) తరంగపు గొట్టాన్ని సాధారణంగా ఉపయోగిస్తూంటారు. దీనిలో తరంగం, ఎలక్ట్రాన్‌ల ధార ఒకదానికొకటి ఎదురెదురుగా కదుల్తూంటాయి). కాని దీనికి అంతకన్న మరొక ముఖ్యమైన సుగుణం వుంది. వేర్వేరు పౌనఃపున్యాలు గల డోలనాలు ఎన్నో వుండే సంకేతాలని ఈ "పయనించే తరంగపు గొట్టం" ఆంప్లిఫై చేయగలదు.

అటువంటి సంకేతాన్ని ఒకదాన్ని ఇంతకుముందే చూశాం. చిత్రాన్ని, అంటే టెలివిజన్ లేక వీడియో సంకేతాన్ని తీసుకువెళ్లే సంకేతమే అది. ఆ సంకేతంలో కనిష్ఠ పౌనఃపున్యాల నుంచి, ఓ మాదిరి హెచ్చు పౌనఃపున్యాలు (6 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా – 3. 41) గల డోలనాలు వుంటాయి. వాటిని పెంటోడ్ సహాయంతో ఆంప్లిఫై చేయవచ్చు.

టెలివిజన్‌లో కంటే పదుల రెట్లు హెచ్చు పౌనఃపున్యాలు గల వాహక సంకేతాలూ, పదుల రెట్లు విస్తృతమైన పరిధి గల పౌనఃపున్యాల పట్టీ వుండే రాడార్‌కి పయనించే తరంగపు గొట్టం ఎంతో అమూల్యమైన సాధనమయింది.

పౌనఃపున్యాల పట్టీ ఎందుకంత విస్తృతంగా వుండాలో అర్థమవాలంటే, రాడార్ సంకేతం ఎలా వుంటుందో తెలుసుకోవాలి.

రాడార్ కేంద్రపు ఆన్టెనా అంతరాళంలోకి స్పందనాలని వికిరణం చేస్తుంది. అంటే సెంటీమీటర్ తరంగాల అతి హ్రస్వ ప్రస్ఫోటనాలని వికిరణం చేస్తుంది. లక్ష్యం వైపు అంతకుముందు పంపబడిన స్పందనం తిరిగి రాకముందే స్పందనపు వికిరణం ఆగిపోవాలి. అలాకాని పక్షంలో లక్ష్యం నుంచి తిరిగివస్తున్న స్పందనం మీద ప్రసారిణి నుంచి బయల్దేరిన తర్వాతి బలమైన స్పందనం ఆధ్యారోపితమవుతుంది. లక్ష్యాన్ని చేరి తిరిగివచ్చిన స్పందనం దాదాపు తన శక్తినంతా ఖర్చుచేసేయడంతో, ప్రసారిణి పంపిన

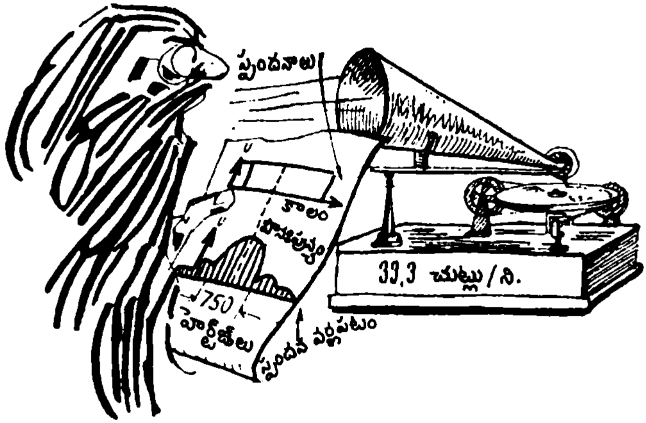
బలమైన కొత్త స్పందనం దాన్ని పూర్తిగా అణిచేసి అది వినిపించకుండా చేస్తుంది. అటువంటి విషయాన్నే మీరందరూ గమనించి ఉంటారు: అడవిలో, ప్రతిధ్వని మీరు పలికిన పదాలన్నిటినీ తిరిగి అంటుంది, కాని మీకు ఆఖరి అక్షరాలు మాత్రమే వినిపిస్తాయి.

స్పందనం ఎంతో కాలం పయాణం చేయదు. అది కాంతి వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది. కొన్నివందల మీటర్ల దూరాన్ని అది సెకనులో మిలియనో వంతు కాలంలో చేరుతుంది. ఆ కాలంలోనే తర్వాతి స్పందనాన్ని వికిరణం చేయాలి. అంటే వికిరణం చేయబడుతున్న స్పందనాల కాలం సెకనులో మిలియనో వంతు కాలాన్ని మించకూడదు. ప్రసారిణులకి అదెంతో వీలుగా వుంటుంది. ఒక సన్నని స్పందనంలో ఎంతో ఎక్కువ శక్తిని కేంద్రీకరించడం సాధ్యపడుతుంది. డి. సి. శక్తి జనకపు సామర్థ్యం బాగా తక్కువగా ఉన్నా ఫరవాలేదు. అయితే స్పందనాలని ప్రతిధ్వని గ్రహించడంలోనూ, ఆంప్లిఫై చేయడంలోనూ ఎన్నో సమస్యలు తలెత్తుతాయి. ఎందుకంటే స్పందనం సన్నదయినకొద్దీ, దానిలో వుండే డోలనాల పౌనఃపున్య పట్టీ విస్తృతమవుతుంది. "అటువంటి వింతైన ధర్మాన్ని ఎలా వివరించాలి" అని ఒక ఇంజనీరుని ఎవరినైనా అడగండి. దానికి జవాబుగా అతను, స్పందనంలో వుండే అన్ని పౌనఃపున్యాల డోలనాలనీ ఒకదాని తర్వాత మరొకదాన్ని మారే పౌనఃపున్యాల "జల్లెడలో" (3. 9) జల్లిస్తూ "వెతికి పట్టుకోమని" చెప్తాడు. లేకపోతే గణితశాస్త్ర సహాయం తీసుకుని, స్పందనాన్ని పురియే రూపాంతరణలని ఉపయోగిస్తూ సరళ సైన్-తరంగాల మొత్తంగా చూపించమని సలహా యిస్తాడు. నిపుణుడికి ఎంతో బాగా అర్థమయే విషయం, ఈ ప్రశ్న మొట్టమొదటి సారిగా తలెత్తిన వ్యక్తికి అర్థంకాక పోవచ్చు.

అందుకని ఈ ప్రశ్ననే మనం యింకోలా పరిశీలిద్దాం. ఒక తేలికైన ఉదాహరణని తీసుకుందాం.

బహుశా మీలో చాలామంది "బురతినో" వుండే చిన్నపిల్లల ప్రసార కార్యక్రమాలని వినుంటారు. అయితే బురతినో వేషంవేసే నటుడికి చిన్న చెక్క బాలుడి గొంతును (మనం సాధారణంగా వినే గొంతుకకి ఎంతో భిన్నంగా ఉంటుంది) అనుకరించడం ఎలా సాధ్యపడుతుందో మాత్రం అందరికీ తెలియదు.

ఇంతా చేస్తే నటుడికి సహాయంచేసేది ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం. నమోదు చేయబడిన ఏ గొంతునైనా సరే రికార్డు తిరిగే వేగాన్ని పెంచడం ద్వారా బురతినో గొంతులా చేయవచ్చు. సరిగ్గా రేడియో కేంద్రంలో చేసేది అదనే. బురతినో పాత్రధారి అన్ని పదాలనీ కావాలని సాగదీస్తూ ఎంతో నెమ్మదిగా పలుకుతాడు. దాన్ని టేపు మీద నమోదు చేసి ఆ వేగానికి రెట్టించిన వేగంతో తిరిగి ఆ మాటలని వినిపిస్తారు. అప్పుడు ఎంతో నెమ్మదిగా పలికిన మాటలు మామూలు వేగాన్ని పొందుతాయి. అయితే గొంతు మాత్రం



ఎంతో అసహజంగా తారస్థాయిలో వుంటుంది. ఎందుకలా అవుతుంది? ఎందుకంటే టేపుని రెట్టింపు వేగంతో తిప్పుతున్నప్పుడు సంకేతంలో వుండే ప్రతీ డోలనవు పౌనః పున్యాన్ని మనం రెట్టింపు చేస్తున్నాం అన్నమాట. మామూలుగా సెకనుకు 800 ధ్వని తరంగ శృంగాలు రికార్డింగ్ హెడ్‌ని దాటి వెళ్తే, దానికి రెట్టింపు వేగంలో, అంటే 1 6000 శృంగాలు ప్లేబాక్ హెడ్‌ని దాటివెళ్తాయి.

నిముషానికి 33.3 చుట్లు తిరిగే ఏ రికార్డునైనా 78 చుట్లు తిప్పి మరీ గమనించండి. అప్పుడు మంద్రస్వరం, ఉచ్చస్థాయిలోకి మారిపోతుంది. అప్పుడు నవ్వు పుట్టించే "ఆట బొమ్మల" గొంతులని వింటారు.

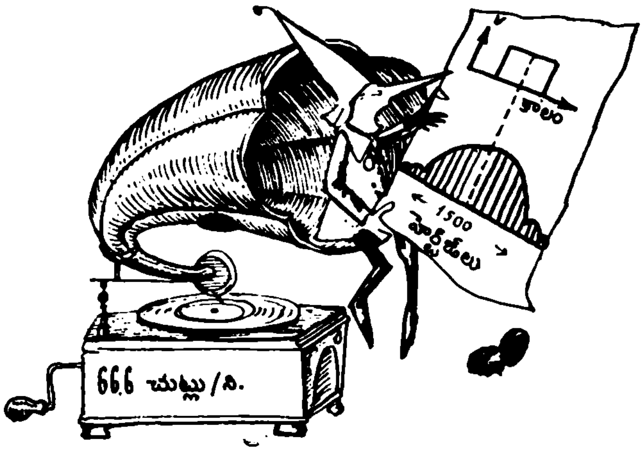
అంతా బాగానే వుంది, కాని దీనికీ స్పందనాలకీ మధ్య సంబంధమేమిటని?

అయితే రికార్డు అంటే స్పందనం కాదా? ఒక రికార్డ్‌ని మొదటి నుంచి చివరి దాకా వినడానికి అవసరమయే కాలమే స్పందనం యొక్క అవధి. నిముషానికి 33.3 చుట్లు తిరిగే ఒక మాధ్యమిక లాంగ్ ప్లేయింగ్ రికార్డు 10 నిముషాలపాటు తిరుగుతుంది. ఈ సందర్భంలో స్పందనవు అవధి 10 నిముషాలు. అదే రికార్డ్‌ని నిముషానికి 66.6 చుట్ల వేగంతో తిప్పితే స్పందనం రెండు రెట్లు కురచవుతుంది. ఆ రికార్డ్‌లో నమోదు చేయబడిన ధ్వనిలోని అన్ని డోలనాల పౌనఃపున్యం రెట్టింపు అవుతుంది. అంతకు ముందు ధ్వని, 50 నుంచి 800 హెర్ట్‌జ్‌లుండే పట్టీని ఆక్రమిస్తే ప్రస్తుతం 100 నుంచి 1600 హెర్ట్‌జ్‌లుండే పట్టీని ఆక్రమిస్తుంది.

నిముషానికి 33.3 చుట్లు తిరుగుతున్నప్పుడు పట్టీ విస్తృతి 800—50=750 హెర్ట్‌జ్‌లు.

నిముషానికి 66.6 చుట్లు తిరుగుతున్నప్పుడు పట్టీ విస్తృతి 1600—100=1500 హెర్ట్జ్‌లు.

పట్టీ విస్తృతి రెట్టింపయింది. ఎందుకంటే స్పందనం 10 నిముషాలకి బదులు ప్రస్తుతం 5 నిముషాలు మాత్రమే వుంటుంది.

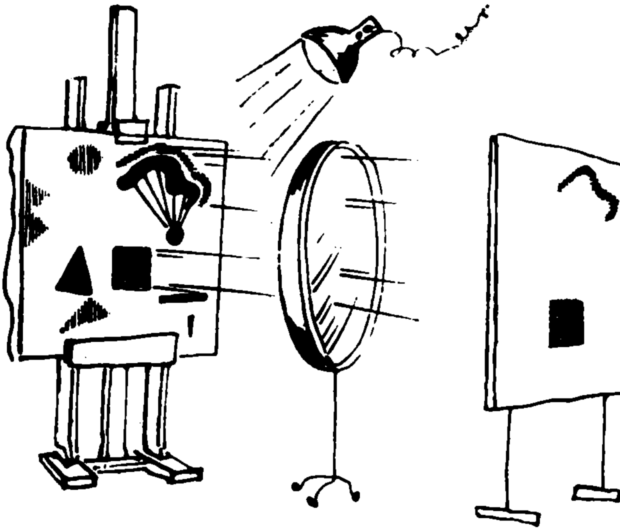


రాడార్‌లో స్పందనం సెకనులో మిలియనో వంతు కాలంపాటు ఉంటుంది. అయితే యిక్కడ కూడా పైన చెప్పుకున్న విషయమే చెల్లుతుంది. స్పందనాన్ని రెండు రెట్లు కురచచేస్తే పౌనఃపున్యం పట్టీ రెండు రెట్లు విస్తృతమవుతుంది.

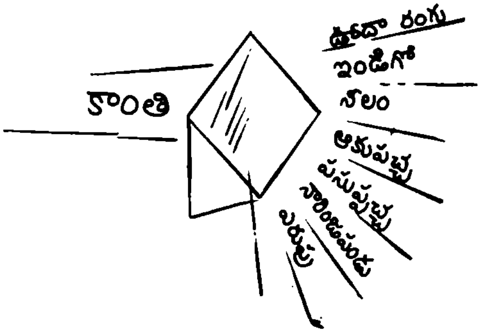
రంగు ఫిల్టర్ల సహాయంతో తెల్ల కాంతి పుంజం నుంచి ఎరుపు, నీలం, ఆకుపచ్చ రంగులని ఒకదాని తర్వాత యింకోదాన్ని వేరుచేయవచ్చని అందరికీ తెలుసు. ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో అటువంటి ''రంగు ఫిల్టర్'' లాగా సన్నని – పట్టీ గల *LC* వలయం (3. 0) పనిచేస్తుంది. అటువంటి వలయాలు కూడిన సముదాయం ఒక దృశా పట్టకం (ఆప్టికల్ ప్రిజమ్) లాగ తయారవుతుంది. ఇక్కడికి లోపలికి వచ్చే సంకేతం అనేక ''రంగులుగా'' విడగొట్టబడుతుంది.

న్యూటన్ తన రోజుల్లో దృశాశాస్త్రం మీద ఒక పుస్తకం రాశాడు. అందులో పట్టకం సహాయంతో ''సూర్యుడి రంగుల ప్రతిబింబాన్ని'' ఎలా పొందిందీ వివరించాడు. ప్రతిబింబం అనే పదానికి న్యూటన్ ''స్పెక్ట్రమ్'' (వర్ణపటం) అనే లాటిన్ పదం ఉపయోగించాడు. ప్రస్తుతం ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఒక సంశ్లిష్ట సంకేతంలో వుండే డోలనాల పౌనఃపున్యాలున్న సముదాయాన్ని కూడా స్పెక్ట్రమ్ అని పిలుస్తున్నారు. నిజానికి ''స్పందనపు రంగుల ప్రతిబింబం'' పొందడం అసాధ్యం. దృశా పరిధిలోని తరంగాల

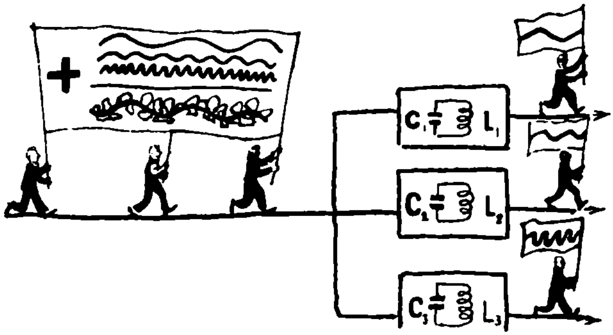
లాగానే రేడియో తరంగాలని కూడా మన కళ్ళు చూడగలిగినట్లయితే అప్పుడు ప్రతీ సంకేతం ఎన్నో ఛాయలుండే ఒక సంశ్లిష్ట డిజైనుగానూ ఒకేసారి మొత్తం రంగుల న్నింటి సమ్మేళనంగానూ కూడా కన్పిస్తుంది.



"వాహక సంకేతంమీద స్వారీచేస్తూ" గ్రాహకాన్ని చేరే "డిజైను" తెర మీద అల్లిన డిజైను లాంటిది కాదు, అది ఒక రంగురంగుల అలంకరణ లాంటిది. ఎంతో

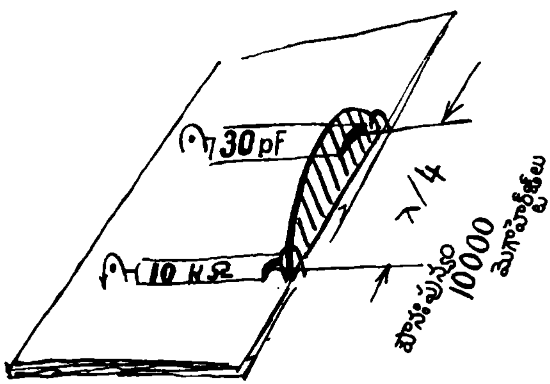


విస్తృతమైన స్పెక్ట్రమ్ గల సంశ్లిష్టమైన సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేయడం ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఎదురయ్యే అతి ముఖ్యమైన కష్టమైన సమస్యల్లో ఒకటి. ఎన్నో సందర్భాల్లో ఆ సమస్యని పయనించే తరంగపు గొట్టం సహాయంతో పరిష్కరిస్తూంటారు.



పారంగం గుండా ప్రయాణం చేసే తరంగాలు

సెంటీమీటర్ తరంగాలని పొందడం ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి అంత తేలికైన పనేమీ కాదనే విషయం మీరు గమనించారు. దానికోసం అత్యంత ఆధునికమైన ఆంప్లిఫైయర్‌నీ, ప్రసార వాల్వులనీ, గొట్టాలనీ రూపొందించాల్సి వచ్చింది.

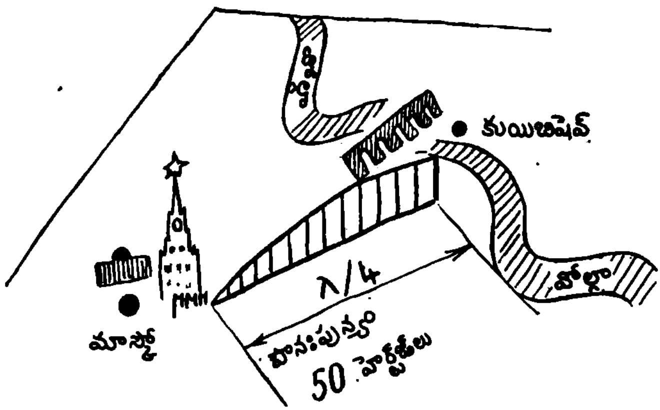


దానికితోడు, సెంటీమీటర్ తరంగాల స్పందనాలని గ్రహించడంలో పాస్ – బేండ్ సమస్య అనేది ఒకటుంది. చివరికి డోలకం నుంచి ఆన్టెనాకి, ఆన్టెనా నుంచి గ్రాహకం ఇన్‌పుట్‌కి సంకేతాలని సరఫరా చేసే సమస్యని కూడా పరిష్కరించడం అంత తేలిక కాదు.

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల పరిధిని ఉపయోగించుకోడానికి ముందు సంకేతాన్ని తీగ

ద్వారా సరఫరా చేసేవారు. కాని ఎప్పుడైతే అత్యధిక పౌనఃపున్యాలతో పనిబడుతుందో మామూలు భావాలన్నీ పనికిరాకుండా పోతాయి.

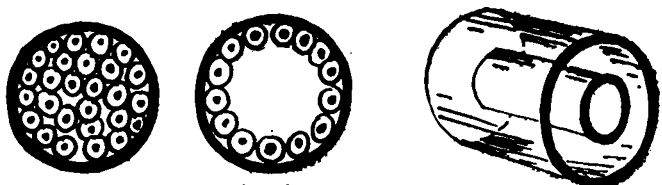
అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలకాలు ఉత్పత్తిచేసే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని, మనం ఉపయోగించుకొనే సాధారణ విద్యుత్ ప్రవాహంతో పోలుద్దాం. రెండూ సైన్-తరంగ ప్రవాహాలే. అయితే, అత్యధిక పౌనఃపున్యాల విద్యుత్ ప్రవాహం సెకనుకు 10 000 000 000 డోలనాలని చేస్తే, మన యింటిలోని విద్యుత్ ప్రవాహం 50–60 డోలనాలని చేస్తుంది. అలాగే, అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలకం ఉత్పత్తిచేసే తరంగాలకీ (3 సెంటీమీటర్లు), ఎ. సి. మెయిన్‌లు సరఫరా చేసే తరంగాలకీ (6 000 కిలోమీటర్ల పొడవు) మధ్య తేడా కూడా సరిగ్గా అంతే వుంటుంది. కుయిబిషెవ్ జలవిద్యుత్



కేంద్రాన్ని, మాస్కోని కలిపే విద్యుత్ ప్రసార లైను మొత్తం పొడవులో అటువంటి తరంగంలోని నాలుగో వంతు మాత్రమే ఇమడగలదు. అదే అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలనాలని తీసుకుంటే కొన్ని సెంటీమీటర్ల పొడవు మాత్రమే గల తీగలో ఎన్నో తరంగాలు ఇముడుతాయి. 7.5 మిల్లీమీటర్ల పొడవుండే తీగ తరంగ భాగంలో నాలుగో వంతు అంతరాళంలోకి అత్యధిక పౌనఃపున్య శక్తిని ప్రసారం చేస్తూ, ఆన్టెనాలా పని చేస్తుంది. అంతేకాకుండా అత్యధిక పౌనఃపున్య డోలనాల పౌనఃపున్యం పెరిగేకొద్దీ తీగల ద్వారా వృధా అయిపోయేది కూడా ఎక్కువవుతుంది.

ఫారడే కాలంనాటి నుంచి ఆవేశం కదలడం మొదలవగానే తక్షణం దాని చుట్టూ ఒక ప్రభాపరివేషం (3. 46) ఏర్పడుతుందన్న విషయం తెలిసినదే. ఆ పరివేషంలో అయస్కాంత బలాలు పనిచేస్తూంటాయి. ఆవేశం ఎంత వేగంగా చలిస్తే, అయస్కాంత బలాల క్షేత్రం అంత ఎక్కువ బలంగా వుంటుంది. సెకనుకు 10 000 000 000

డోలనాలని చేస్తూ ఎలక్ట్రాన్ ఎంత బలమైన క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుందంటే, అది తన చుట్టుపక్కల వుండే ఎలక్ట్రాన్ల మార్గాన్ని బాహాటంగా ఆటంకపరచడం మొదలెడుతుంది. ఎందుకంటే పక్కనున్న ఎలక్ట్రాన్లు కూడా కదులుతూంటాయి, డోలనాలు కల్పిస్తూంటాయి. వాటిలో ప్రతి ఎలక్ట్రాన్‌కీ స్వంత ప్రభావపరివేషం ఉంటుంది. ఒక తీగలో ఎలక్ట్రాన్లకి మహా ఇరకాటం అయిపోతుంది. అప్పుడవి అక్షం నుంచి తొలగిపోతూ ఉపరితలం మీది పొరకి చేరతాయి. ఎందుకంటే అక్కడ వాటికి జాగా ఎక్కువగా వుంటుంది. తీగ దాటి బయటకి వచ్చేస్తే వాటికి అసలు ఇరకాటమనే ప్రశ్న వుండదుకదా!



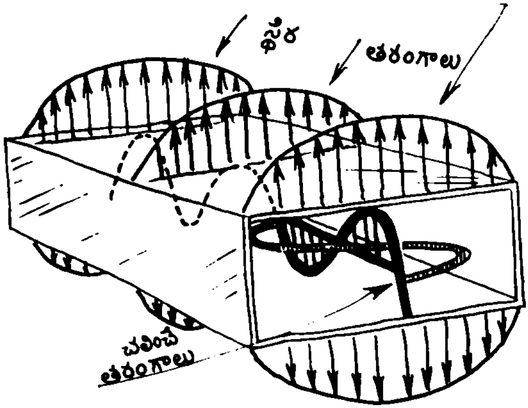
అల్ప పౌనఃపున్యం అధిక పౌనఃపున్యం

దీన్నిబట్టి ఎంతో ముఖ్యమైన ప్రత్యేక గుణం ఒకటి తెలుస్తోంది: అత్యధిక పౌనఃపున్యాల విద్యుత్ ప్రవాహాలు ఎప్పుడూ తీగ ఉపరితలం మీది అతి పల్చటి బాహ్య పొర గుండా ప్రవహిస్తాయి. అయితే నిజానికి యిక్కడవి ఎక్కువ నిరోధాన్ని అధిగమించాల్సి వస్తుంది. నీరు వెడల్పాటి గొట్టం గుండా ప్రవహించడం ఒకటీ, అదే రెండు గొట్టాల మధ్యనున్న సన్నని జాగా గుండా ప్రవహించడం ఇంకోటీ. అధిక నిరోధం మూలంగా అత్యధిక పౌనఃపున్య డోలనాల శక్తి తీగలని వేడిచేయడంలో వృధా అయిపోతుంది. అంతెందుకు, రెండు ముక్కల్లో చెప్పకుంటే అటువంటి శక్తిని ప్రసారం చేయడానికి తీగలు పనికిరావు. అందుకనే అత్యధిక పౌనఃపున్యాల డోలన శక్తిని తీగలు లేకుండా ప్రసారం చేస్తారు.

అదెలా?

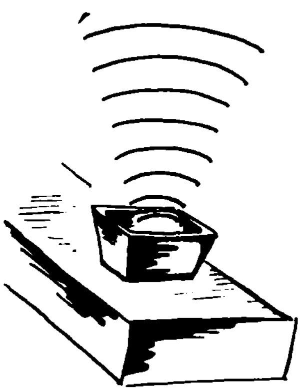
నేరుగా అంతరాళం గుండా.

అయితే, సీమిత అంతరాళంలో మాత్రమే అది సాధ్యం. అలాకాని పక్షంలో తరంగాలు అన్ని దిశల్లోనూ వ్యాపించి వాటి శక్తి చెదిరిపోతుంది. గమ్యాన్ని అతి స్వల్ప పరిమాణంలో మాత్రమే చేరుతుంది. అది జరగకుండా వుండాలంటే ఒక ప్రత్యేకమైన ఛానెల్ గుండా తరంగాన్ని ప్రసారం చేస్తారు. అది ఒక భూగర్భ సొరంగాన్ని పోలివుంటుంది. ఆ ఛానెల్‌ని తరంగ మార్గదర్శిని అంటారు.



తరంగ మార్గదర్శిని లోపల వుండే క్షేత్రానికి సంక్లిష్ట ప్రకృతి వుంటుంది. తరంగ మార్గదర్శినికి అడ్డంగా స్థిరతరంగాలు ఏర్పడతాయి. తరంగ మార్గదర్శిని అక్షం గుండా పయనించే ఒక తరంగం శక్తిని తీసుకువెళ్తుంది. తరంగ దైర్ఘ్యానికి సరిపోయిన పరిమాణం గల ఒక పొడుగుపాటి చీలికని ఆన్టెనాగా ఉపయోగించవచ్చు. తరంగాలని ఒక సన్నని ఉద్దిష్ట కిరణపుంజంగా పోగుచేయడం కోసం ఒకోసారి ఆ చీలికకి ఒక కొమ్ముని కలుపుతారు.

తరంగాల ప్రవర్తనని ఊహించడానికీ, తరంగ మార్గదర్శిని గోడల పరిమాణాలని లెక్కగట్టడానికీ సన్నని కిరణపుంజాలని తయారుచేయడానికి అవసరమైన ఆన్టెనా పరిమాణాలని లెక్కగట్టడానికీ మాక్స్‌వెల్ రూపొందించిన సిద్ధాంతం సహాయపడుతోంది.



క్షేత్రం ఒక హిమాగ్ని

ఇదీ మూలాంశం

4. 24

ఒక బాతుని రోస్ట్ చేయడానికి ఎంతసేపు పడుతుంది? సుమారు ఒక గంట. అయితే దాన్ని 6 నిముషాల్లో కూడా రోస్ట్ చేయవచ్చు. దాని కోసం అద్భుతమైన పొయ్యిలని రూపొందించారు. వాటిలో కట్టెలూ వుండవు, గాస్ గానీ ఎర్రగా కణకణలాడే స్పైరల్‌లూ, కాయిల్‌లూ వుండవు. మరైతే బాతుని రోస్ట్‌చేసేది ఏమిటి?

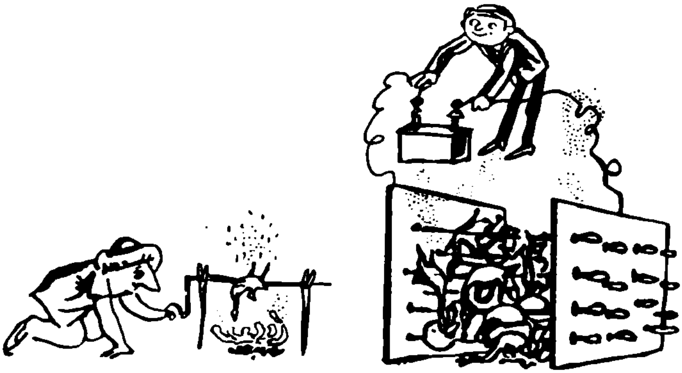
మాగ్నెట్రాన్‌లు!



4. 25

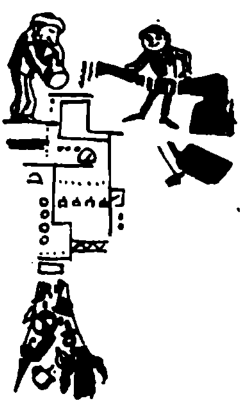
కెపాసిటర్‌లోని ప్లేట్ల మధ్య అపరిమితమైన అధిక నిరోధం గల పదార్థం (పూర్ణ బంధకము) ఉంచుతారు. వాటిగుండా విద్యుత్తు ఏమాత్రం ప్రవహించదు.

అయితే, ప్రకృతిలో నిరపేక్షంగా పరిపూర్ణమయిన దంటూ ఏదీలేదు. అన్ని బంధకాలూ (బాతు దేహంతో సహా) కొంత నిర్దిష్ట నిరోధాన్ని కలిగివుంటాయి. విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావం మూలంగా వాటి గుండా కొంత విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.



బంధకాలన్నీ చెడు ఉష్ణ వాహకాలు. అందుకనే వాటిని వేడిచేయాలంటే మామూలు నిప్పుకి చాలాసేపు పడుతుంది. అందులోనూ అది అన్నిచోట్లా సమానంగా ఉండదు. బాతు పైపైన మాడిపోయి లోపలింకా పచ్చిగా ఉండచ్చు. మారే క్షేత్రంలో బంధకం (బాతు) ఉంచితే దాని గుండా క్షేత్రం చొచ్చుకుపోతుంది. దానిలో పెంపొందే విద్యుత్ ప్రవాహం ఉష్ణాన్ని పుట్టిస్తుంది. డోలన శక్తికి చెందిన పౌనఃపున్యం ఎంత ఎక్కువగా వుంటే, ఉష్ణం అంత ఎక్కువగా పుడుతుంది. అటువంటి డోలనాలను పుట్టించేది మాగ్నెట్రాన్ అవచ్చు.

4. 26



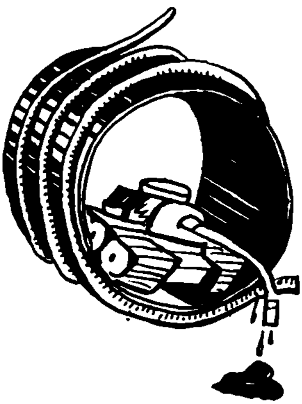
అధిక పౌనఃపున్యాల "శీతల జ్వాల" ఎన్నో చోట్ల ఉపయోగించబడుతోంది. కావలసిన ఆకృతిని తీర్చిదిద్దే నిమిత్తం గాజుని మెత్తబరచడానికి, ప్లాస్టిక్ పదార్థాలను రూపొందించడానికి, రబ్బర్‌ని వల్కనం చేయడానికి, నూలూ, ఊలుని ఎండబెట్టడానికి దాన్ని ఉపయోగిస్తున్నారు.

ఆ "జ్వాలని" ఆహార పరిశ్రమలోకూడా విస్తృతంగా వాడుతున్నారు. మాంసాన్ని పొగబారించడానికి,

పుగాకుని ఎండబెట్టడానికి, పిండి పదార్థాలలో క్రిముల లార్వాని ధ్వంసంచేయడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు.

ఎలక్ట్రానిక్ ''కుట్టుమిషను'' డిజైను ఎంతో అద్భుతంగా వుంటుంది. కెపాసిటర్ ప్లేట్ల మధ్య ప్లాస్టిక్‌ల అంచులని లేక రబ్బరు షీటుని ఉంచుతారు. క్షేత్ర ప్రభావం మూలంగా అంచులు రెండూ దగ్గరికి వచ్చి అతుక్కుపోతూ, కుట్టు పడుతుంది. అయితే ఆ కుట్టు కనబడదు, దానికి రంధ్రాలుండవు. గాలి వూదే పరుపులు, పడవలు, తేలే ఆటబొమ్మలు, వాటర్‌ప్రూఫ్ తొడుగులు, కోట్లు, మొదలైనవి తయారుచేయడానికి అంతకుమించి మేలైనదేముంటుంది?

4. 27



బంధక పదార్థాలు విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావం మూలంగా వేడెక్కితే, అయస్కాంత క్షేత్రాల ప్రభావం మూలంగా లోహాల్లో సుళ్లు తిరిగే ప్రవాహాలు ఏర్పడి అవి వేడెక్కుతాయి. ఆ క్షేత్రాలని పొందడానికి, శక్తివంతమైన డోలకాలు ఏకాంతర విద్యుత్ ప్రవాహాలని ఉత్పత్తి చేస్తూంటాయి. ఆ ప్రహహాలు ప్రేరణ కొలుములను ఆవరించి వుండే భారీ కాయిల్‌ల చుట్ల గుండా ప్రసరిస్తాయి. అటువంటి కొలుములు టన్నులకొద్దీ లోహాన్ని కరిగించేయగలవు. ఎందుకంటే వాటి సామర్థ్యం వేల కిలోవాట్‌లని చేరుకుంటుంది.

అయస్కాంత క్షేత్రం లోహం లోపలికి చొచ్చుకుపోయి ఎంత తొందరగా దాన్ని కరిగిస్తుందంటే ఆక్సీకరణం చెందడానికి లోహానికి సమయం ఉండదు. దాని మూలంగా కరిగిన లోహం నాణ్యత ఎంతగానో పెరుగుతుంది.

4. 28

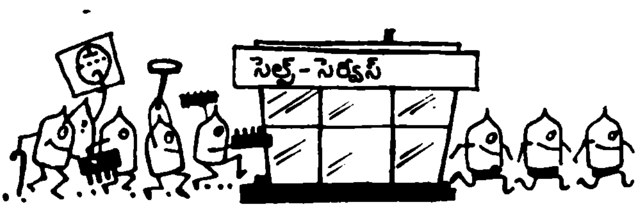
ఎన్నో యంత్రాలూ, సాధనాల్లోని స్టీలు భాగాల సత్వాన్ని పెంచాల్సిన అవసరం చాలా తరచుగా కలుగుతూ వుంటుంది. అలాంటప్పుడు వాటిని అత్యధిక పౌనఃపున్యాలు గల ప్రవాహాలతో గట్టిపరచవచ్చు. అటువంటి పౌనఃపున్యాల దగ్గర విద్యుత్తు లోహపు బాహ్య పొర గుండా మాత్రమే ప్రవహిస్తుంది. అందువల్ల, దాని ఉపరితలం వేడెక్కుతుంది. లోపల భాగం చల్లగానే వుండిపోతూ తన స్థితిస్థాపక శక్తిని నిలబెట్టుకుంటుంది.

లోహాన్ని, సీటికి ఆ తర్వాత అధిక పౌనఃపున్య జ్వాలకి వరసగా గురి చేయడం ద్వారా అత్యంత శ్రేష్ఠమైన భాగాలని — ముఖ్యంగా పైన బాగా గట్టిగా వుండి లోపల మెత్తగా సాగే గుణం వుండే వాటిని పొందవచ్చు.

4. 29

ఇప్పుడు స్వ-సేవకి (సెల్ఫ్-సెర్విస్) కి సంబంధించిన ఉదాహరణలు చూద్దాం: ఎలక్ట్రానిక్స్ రూపొందించిన సాంకేతిక పద్ధతులని తన స్వంత అవసరాలకే అది వాడు కుంటోంది. వాల్వులలో వాటి ఆచ్ఛాదనలూ (ఎన్వెలప్), పీఠం (బేస్) మధ్య వుండే గాజు-లోహపు సీలుని అధిక పౌనఃపున్యాల క్షేత్రాల సహాయంతోనే వేస్తారు.

వాల్వులో అధిక శూన్యాన్ని పొందడానికి దాని భాగాల్లో నుంచి వాయువును తొలగించాలి. దాని కోసం, వాల్వుని కాయిల్ చుట్ల మధ్య ఉంచుతారు. క్షేత్రం ఆచ్ఛాదనలోని భాగాలని ఎర్రగా కాలే దాకా వేడిచేస్తుంది. వాటిలో నుంచి వాయువు తప్పుకుంటుంది. అప్పుడు వాయువును ఆచ్ఛాదనలో నుంచి బయటకి తోడేస్తారు.



అర్ధవాహక సాధనాల్లో ఉపయోగించే అతి శుద్ధ సిలికాన్, జెర్మానియంలని కూడా శూన్యంలో వాటి స్ఫటికాలని అధిక పౌనఃపున్య క్షేత్రాల సహాయంతో కరిగించడం ద్వారా పొందుతారు.

గత యుద్ధపు కొన్ని ఘట్టాలు

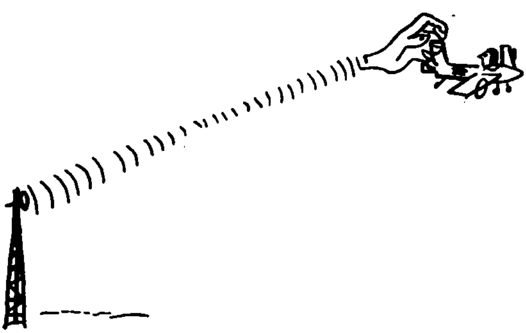
ఇప్పటిదాకా శాంతి ప్రయోజనాల కోసం ఎలక్ట్రాన్ ఎలా పాటుపడిందో మాత్రమే పరిశీలించాం. రాడార్ ఆన్టెనాతో సన్నని ఉద్దిష్ట కిరణపుంజంగా పోగుచేయబడిన సెంటీమీటర్ తరంగాల స్పందనాలు గడచిన యుద్ధంలో ఎంతో ప్రతిభావంతమైన

ఆయుధంగా పనిచేసిందని అందరికీ తెలుసు. కాబట్టి మాగ్నెట్రాన్, క్లిస్ట్రాన్, వయ వించే తరంగవు గొట్టం మొదలైనవి సరిగ్గా సైనిక రాడార్ పరికరాల్లో మొట్టమొదటి సారిగా పనిచేయడం మొదలెట్టి, యుద్ధంలో వాడబడ్డాయంటే అదేమీ యాదృచ్ఛికం కాదు.

1942లో ఒక చీకటి రాత్రి రెండు జర్మన్ యుద్ధ నౌకలు "షార్న్‌హోర్‌స్ట్", "గ్నైయిజనవు", క్రూయిజర్ "ప్రిన్స్ యూగెన్"లు బ్రెస్ట్‌ని వదిలి వెళ్లాయి. ఆ సమయంలో సముద్రం వైపు నుంచి బ్రెస్ట్‌ని బ్రిటిష్ యుద్ధ నౌకలు ముట్టడించాయి. జర్మన్ యుద్ధ నౌకలు ఎవరికీ తెలియకుండా ఇంగ్లీషు ఛానెల్ గుండా తప్పించు కున్నాయి. వందలకొద్దీ వున్న బ్రిటిష్ రాడార్ కేంద్రాల్లో ఏ ఒక్కటీ వాటిని గుర్తించలేకపోయాయి. జర్మన్ జామింగ్ కేంద్రాలు బ్రిటిష్ రాడార్ తెరల మీద "ఏమీ కనిపించకుండా" అంతా గజిబిజిగా చేశాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్ యుద్ధం ఆవిధంగా మొదలైంది. అక్కడి నుంచి రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం ముగిసే వరకూ అది కొనసాగింది.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం ముగిసి నాలుగు దశాబ్దాలు గడిచాయి. ఆ భయంకర యుద్ధపు జ్ఞాపకాలు దానిలో పాల్గొన్నవారి మనసుల్లో యిప్పటికీ మెదులుతూంటాయి. దానిలో పాల్గొననివారికి కూడా సినిమాలు, ప్రచురిత సమాచారం, యుద్ధంలో పాల్గొన్నవారి కథలు, మొదలైన వాటిద్వారా ఆ భయంకర యుద్ధాల గురించిన ఘట్టాలు మనసులో ప్రత్యక్షమవుతూంటాయి.



అయితే ఆనాటి యుద్ధంలో పాల్గొని యుద్ధంచేసిన వారందరికీ కూడా యింకో రకం యుద్ధం గురించిన పూర్తి వివరాలు తెలియవు. ఎలక్ట్రాన్‌లూ, తరంగాల ద్వారా జరిగే అంతంలేని అదృశ్య యుద్ధమే అది.

అయితే, ఎన్నో సంఘటనల్లో జయాపజయాలు ప్రధానంగా ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని నేర్పుగా ఉపయోగించు కోవడం మీద ఆధారపడి వుండేవి. అటువంటి సందర్భాల్లో కొన్నిటి గురించి దిగువ చెప్పుకుందాం.

బ్రిటిష్ నగరాల మీద బాంబులు వేసే తమ విమానాలకి దారి చూపడం కోసం జర్మన్లు బెల్జియం, హాలెండు, ఫ్రాన్సులలోని ఆక్రమిత భూభాగాల్లో రేడియో మార్గ దర్శములని (బీకన్) నెలకొల్పారు. వాటి నుంచి వెల్వడే సన్నని పుంజం జర్మన్ వైమానికులకి సరైన మార్గదర్శినిగా పనిచేసింది.

ఆ సంకేతాలని జామ్ చేయడానికి చేసిన ప్రయత్నాలు విఫలమయ్యాయి. ఎందుకంటే ఒక బీకన్‌ని జామ్ చేస్తున్నారని తెలిసిన వెంటనే దాని స్థానంలో ఇంకో పౌనఃపున్యంతో పనిచేసే మరొక బీకన్‌ని జర్మన్లు వుంచేవారు. అయితే దానికి బ్రిటిష్‌వారు ఒక విరుగుడు కనిపెట్టారు. వాళ్లు తమ భూభాగం మీద, జర్మన్ బీకన్ పంపే సంకేతాలని గ్రహించి, తిరిగి ప్రసారం చేసే కేంద్రాలని నిర్మించారు. ఇవి ఆ సంకేతాల "ఛాయ" మారకుండా దిశ మారేటట్లు చేసేవి. ఆ కేంద్రాలు ప్రసారం చేసే సన్నని కిరణపుంజం జర్మన్ విమాన చోదకులని తప్పుదారి పట్టించేది. వారి లక్ష్యాన్నుంచి పక్కకి తీసుకుపోయేది. ఒకో సందర్భంలో తప్పు సంకేతాన్ని అందుకున్న జర్మన్ వైమానికుడు ఫ్రాన్సులోని తమ విమాన స్థావరంలో దిగుతున్నాననుకుంటూ ఇంగ్లండులో డెవాన్‌షైర్‌లోని స్థావరంలో దిగేవాడు.

లక్ష్యాల మీద కాకుండా పనికిరాని భూభాగం మీదో, ఇంగ్లీషు చానెల్‌లోనో జర్మన్ వైమానికులు బాంబులు వేసేలా చేసేవి ఆ తప్పుడు సంకేతాలు. చివరికి, జర్మన్లు తమవీ, శత్రుపక్షంవీ కూడా సంకేతాలని నమ్మడం పూర్తిగా మానేశారు.

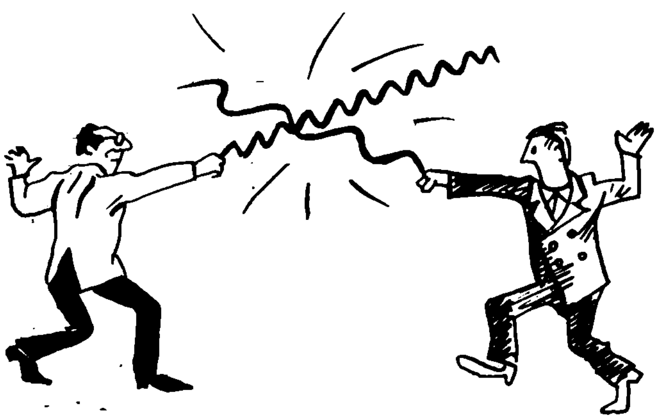
అప్పుడు జర్మన్ సైనిక సర్వోన్నత ప్రధాన కార్యాలయం ఇంకో యుద్ధ వ్యూహాన్ని పన్నింది. జర్మన్ రేడియో స్టేషన్లు బ్రిటన్‌కి ప్రచార కార్యక్రమాల్ని ప్రసారం చేయడం ప్రారంభించాయి. లండన్ వాసులు త్వరలోనే కాకతాళీయంగా ఒక వింతైన విషయాన్ని కనుగొన్నారు. జర్మనీ నుంచి "అతిథులు" ఎగిరి వచ్చేముందు జర్మన్ ఎనౌన్సరు గొంతు యింకా గట్టిగా వినపడసాగేది. అయితే లండన్ చుట్టుపక్కల ప్రాంతాల్లో ఆ గొంతు వినిపించీ వినిపించకుండా వుండేది. బ్రిటిష్ గూఢచారి శాఖని అదెంతో తికమకపెట్టింది. ఎంతో కాలం వారికి జవాబు దొరకకుండా తప్పుకుంది. ఇంతాచేస్తే ప్రచారం ఒక ముసుగు మాత్రమేననీ, స్టేషన్ ప్రధాన ధ్యేయం వేరే వుందనీ చివరికి

తేలింది. జర్మన్ వైమానికులకి ఆ ప్రసారం లండన్‌కి దారిచూపేది. దానికోసం జర్మన్లు ఏం చేశారంటే, యుద్ధ విమానాలు లండన్ వైపు బయల్దేరే ముందు తమ రేడియో స్టేషన్ల మామూలు ఆన్టెనాల బదులు సన్నని కిరణపుంజాన్ని వికిరణం చేసే ఆన్టె నాలని పనిచేయించేవారు. ఆ పుంజం లండన్ దిశలో వెళ్లడంతో లండన్‌లో ఎనౌన్సరు గొంతు గట్టిగా వినపడటం మొదలయ్యేది. లండన్ చుట్టుపక్కల వినిపించకుండా పోయేది.

ఎప్పుడైతే రహస్యం తెలిసిపోయిందో దాన్ని ఎదుర్కోడంలో కష్టం లేకుండా పోయింది. తమ రిలే కేంద్రాలని తిరిగి బ్రిటిష్‌వారు పనిచేయించడం మొదలెట్టారు. మళ్లీ ఎప్పటిలాగానే బాంబులు లక్ష్యాల మీద బదులు ఇంగ్లీషు ఛానెల్‌లో పడటం మొదలెట్టాయి.

ఎలక్ట్రాన్‌ల యుద్ధం

తుపాకీ గుళ్ల వర్షాలూ, బాంబుల ప్రేలుళ్లూ ఎప్పుడో ఆగిపోయాయి. ప్రజలంతా శాంతి కోసం పోరాడుతున్నారు. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం ఎప్పుడో అయిపోయింది. కాని ఎలక్ట్రానిక్ యుద్ధం మాత్రం కొనసాగుతూనే వుంది. ఏమాత్రం ఖాళీ లేకుండా, కాల్పుల విరమణ లేకుండా, యుద్ధాన్ని ప్రకటించకుండా ఎలక్ట్రానిక్ యుద్ధం జరుగుతూనేవుంది. ఎలక్ట్రానిక్స్ నిపుణులకి యుద్ధ రంగం అంటూ అవసరం లేదు. వాళ్లు "యుద్ధాన్ని" ప్రయోగశాలల్లోనూ, ఫాక్టరీ షాపుల్లోనూ జరుపుతుంటారు. ఆ పోరాటం పరికరాల నమ్మకత్వం, పనిచేసే వేగం, కచ్చితత్వం కోసం జరుగుతోంది. ఈ



సందర్భంలో ప్రతీ కొత్త విజయమూ నిరంతర ఎల్కక్ట్రానిక్ యుద్ధంలో యింకో విజయమవుతుంది.

ఈ యుద్ధంలో ఎల్కక్ట్రానిక్స్ ఉపయోగించే సాధనాలని అందులో "పోరాడే ఆయుధాల" వాధారంగా విభజిస్తారు. అందులో రక్షణకి ఉద్దేశించబడినవీ, దాడికి ఉద్దేశించబడినవీ, అలాగే గూఢచారి కిరణపుంజాలూ, మాయవేషం వేసుకున్న దొంగ కిరణపుంజాలూ, మొదలైన ఎన్నో సాధనాలున్నాయి. రేడియో కిరణపుంజం ఎంతో ప్రమాదకరమైనది అవచ్చు. అది మృత్యు దేవతని తనతో తీసుకువెళ్ళదు, కాని మృత్యువు రాకని గురించి మాత్రం ముందుగా చెప్తుంది. దాన్ని "స్వేచ్ఛగా" అంతరాళంలోకి వదిలేస్తే, అది తూటాని గాని, బాంబుని గాని లక్ష్యం దిశలో పంపగలదు. దాన్నిబట్టి కిరణపుంజాలకి వ్యతిరేకంగా పోరాడాలన్న నిర్ధారణకి రావచ్చు.

కాని ఎలా?

ఎన్నో వివారణోపాయాలని కనుగొన్నారు.

రేడియో తరంగాలని శోషణం చేసుకునే పదార్థాలని తయారుచేశారు. లక్ష్యాన్ని అటువంటి పదార్థంతో పూతపూస్తే పుంజం దాన్నుంచి పరావర్తనం చెందదు. అప్పుడు స్పందనం తిరిగి రాడార్ కేంద్రాన్ని చేరదు. ఒకవేళ చేరినా ఎంత బలహీనంగా వుంటుందంటే, దాని వల్ల రాడార్ తెర మీద లక్ష్యం కనిపించదు.

సమస్యా పరిష్కారానికి ఇంకో మార్గం కూడా వుంది. స్పందనాలని పరావర్తనం చెందించి వెనక్కి వెళ్ళనివ్వచ్చు. అయితే పరావర్తనం చెందించిన సంకేతంతో బాటు దానికన్న ఇంకా బలమైన వ్యతికరణ (ఇంటెర్‌ఫియరెన్స్) సంకేతాన్ని రాడార్ కేంద్రపు గ్రాహకానికి పంపించి నట్లయితే లక్ష్యాన్ని తెర మీద కచ్చితంగా రాబట్టడం సాధ్యంకాదు. వ్యతికరణ సంకేతాల పౌనఃపున్యాలు, శత్రువుల గ్రాహకాలు పనిచేసే పౌనఃపున్యాలతో ఏకీభవించేలా చూడాలి. వికిరణం అవుతున్న స్పందనాల పౌనఃపున్యానికి అనుగుణంగా గ్రాహకం శ్రుతిచేయబడివుంటుంది. అదెలా శ్రుతి చేయబడివుందో తెలుసుకోవాలంటే వికిరణం అయిన సంకేతాన్ని అధ్యయనం చేయాలి. సరిగ్గా దీనికోసమే గూఢచారి చర్యలు జరిపేది. ప్రత్యేక గూఢచారి గ్రాహకాలు వికిరణమైన సంకేతాన్ని పట్టుకొని, నమోదుచేసి విశ్లేషిస్తాయి.

మాయవేషపు రేడియో సంకేతాలు గూఢచారి చర్యలని కష్టతరం చేస్తాయి. అనేక పౌనఃపున్యాలలో ప్రసారం చేయబడే "మాయవేషపు సంకేతా" ల్లోంచి ప్రమాదకరమైన సంకేతాన్ని కనుగొనడం కష్టమవుతుంది. ఒకవేళ సంకేతాన్ని విశ్లేషించ గలిగితే, ఉపయోగించబడుతోన్న పౌనఃపున్యాల పరిధిలోకి వ్యతికరణ సంకేతాలని పంపే ప్రత్యేకమైన కేంద్రాలని శత్రువు ఉపయోగిస్తాడు. ఒకవేళ వ్యతికరణం సంభవించిన

సందర్భంలో కూడా వికిరణమైన సంకేతాలని, వ్యతికరణ సంకేతాలని వేరుచేసి గుర్తించే ఏర్పాట్లు చేసినట్లయితే రాడార్ కేంద్రం మామూలుగానే పనిచేయగలదు. ప్రత్యేకమైన కోడ్‌ల ద్వారా సంకేతాన్ని మాడ్యులేట్ చేయడం ద్వారా, లక్ష్యాలని కనుక్కోడం, వాటి స్థానాన్ని నిర్ణయించి, తుపాకీలను ఎక్కుపెట్టడం, రాకెట్లని కంట్రోలు చేయడం, శత్రువు వ్యతికరణ సంకేతాలు పంపుతున్నా సమాచార ప్రసారానికి ఆటంకం లేకుండా చూడడం, మొదలైన పనులన్నిటినీ చేయగలిగే వ్యవస్థలని రూపొందించవచ్చు.

ఆవిధంగా ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల, సాధనాల సంక్లిష్ట అన్యోన్య చర్యల మూలంగా ఎలక్ట్రానిక్ యుద్ధవ్యూహం అవతరించింది.

ఎలక్ట్రాన్‌కి అనేక వృత్తుల్లో ప్రవేశం వుంది. అందులో ముఖ్యంగా సైనిక కార్య కలాపాలను చేబట్టడం అన్నది ఒకటి. ఆందోళనపూరితమైన ఈ రోజుల్లో దురదృష్టవశాత్తు అది ఎంతో ప్రమాదకరమైన విషయం. ప్రపంచ శాంతి కోసం పాటు పడే మనందరం ఆ విషయాన్ని గుర్తుంచుకుని, స్వదేశ రక్షణలో ఎలక్ట్రాన్ ఎటువంటి పాత్ర వహించాలో సరిగ్గా తెలుసుకోవాలి.

రెండు అంచుల ఆయుధం

ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలు లేని ఆధునిక సైన్యాన్ని మనం ఊహించనైనా ఊహించలేం. ఎందుకంటే ఆధునిక సైన్యంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ విడదీయరాని భాగమై పోయింది. మరోలా చెప్పాలంటే దానికి నాడీ వ్యవస్థ అయింది. ఉపాంగాలకీ, ప్రధాన కేంద్రానికీ మధ్య సమాచార సంబంధాలేర్పరచేది ఎలక్ట్రానిక్సే. శత్రువుల లక్ష్యాలని కనుగొని వాటిని గురితప్పకుండా దెబ్బతీసేదీ ఎలక్ట్రానిక్సే. అలాగే చోదకులు లేని విమానాలూ, యుద్ధం చేసే టాంకులూ, అలాగే భూమి నుంచి ఆదేశం అందగానే తాము పయనించే దిశని మార్చుకునే రాకెట్లు వున్నాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండా యుద్ధం చేయడం అనేది దాదాపు అసంభవమనే చెప్పు కోవాలి. అయితే ఆధునిక సైనిక ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని రూపొందించేవారు అది రెండు అంచుల ఆయుధం అనే విషయం గుర్తుంచుకోవాలి.

సైనిక లక్ష్యాల కోసం వాడే పరికరాలు దాదాపు అన్నీ తరంగాలని అంతరాళంలోకి వికిరణం చేస్తాయి. శత్రువు ఆ వికిరణాలని దుష్ప్రయోజనాలకి ఉపయోగించడనే నమ్మకం ఎక్కడుంది?

రేడియో ద్వారా ప్రసారం చేసిన ఆదేశాన్ని శత్రువు తెలుసుకోవచ్చు. ఆ రహస్యపు ఆదేశాన్ని శత్రువు విశ్లేషించి రహస్యాన్ని భేదించవచ్చు. కంట్రోలు వ్యవస్థల, రాడారు

కేంద్రాల వికిరణాల ద్వారా అవి ఎక్కడున్నాయో, ఎందుకోసం ఉన్నాయో చెప్పవచ్చు. సంకేతాల స్వభావాన్ని తెలుసుకుని పనిచేస్తున్న పౌనఃపున్య పరిధిలోకి వ్యతికరణ సంకేతాలని పంపవచ్చు.

అందుకనే ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోని ఒక విభాగం అంతా, సంకేతాలని కనుగొనడమే కాకుండా వాటిని టేపు మీద నమోదుచేసి, విశ్లేషించి, వాటి ధ్యేయాన్ని, ''రంగుని'' అంటే వాటి వర్ణపట సంఘటనని పరిశోధించే గూఢచారి సాధనాలని అభివృద్ధిచేయడంలో కృషిచేస్తుంటోంది.

గడచిన రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో రేడియో ద్వారా కంట్రోలు చేయబడే రాకెట్లని జర్మన్లు మొట్టమొదటిసారి ఉపయోగించారు. అవి తమ స్థావరాలకి వేగాన్ని, ఎత్తుని కంట్రోలు చేసే సంకేతాలని పంపేవి. బ్రిటిష్ గూఢచారి సాధనాలు ఆ సంకేతాలని కనుక్కోవడమే కాకుండా రాకెట్లని కంట్రోలు చేసే సంకేతాలని విశ్లేషించాయి కూడాను. బ్రిటిష్ నిపుణులు తప్పు ఆదేశాలని వికిరణం చేసే సాధనాలని రూపొందించారు. ఆ తప్పు ఆదేశాల మూలంగా జర్మన్ రాకెట్లు లక్ష్యాన్ని చేరకముందే కిందకి పడిపోయేవి.



ఈ విరుగుడు చర్యలు ఎంత సమర్థవంతంగా పనిచేసేవంటే జర్మన్లు రేడియో కంట్రోలుని పూర్తిగా వదిలేసి గైరోస్కోపు మీద ఆధారపడటం మొదలెట్టారు.

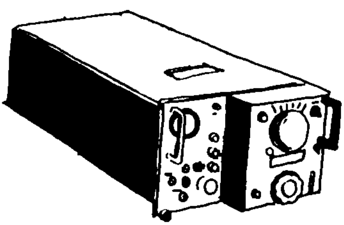
శత్రువు ఉపయోగించే రేడియో పరికరాలకి సంబంధించిన సమాచారం మీద యుద్ధంలో జయాపజయాలు ఎంతగానో ఆధారపడి వుంటాయి. పోషలిస్టు దేశాల



సైన్యాలకి వున్న ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థల, సాధనాల అభిలక్షణాలని గురించిన సమాచారం పొందడానికి నేటి అమెరికా సైనిక బలాల సర్వోన్నత ప్రధాన కార్యాలయం ఎంత ఖర్చు కైనా వెనుకంజ వేయకుండా ప్రయత్నిస్తోంది. ప్రస్తుతం అమెరికన్ జాతీయ భద్రతా సమితి (నేషనల్ సెక్యూరిటీ కౌన్సిల్) నౌకల మీదా విమానాల్లోనూ, స్థావరాల్లోనూ 2 000 వ్యతికరణ రేడియో కేంద్రాలనీ, గూఢచారి చర్యల్లో పాల్గొనడానికి 8 000 మంది రేడియో ఆపరేటర్లనీ ఉపయోగిస్తోంది.

ఒకానొక కాలంలో బెలూన్లలో వుంచబడిన రేడియో పరికరాల ద్వారా గూఢచారి కార్యకలాపాల్ని జరపడానికి అమెరికా ఎలా ప్రయత్నించిందో మీ అందరికీ గుర్తుండే వుంటుంది. ప్రస్తుతం బెలూన్ల స్థానంలో ఉపగ్రహాలు వచ్చాయి.

ప్రస్తుత కాలంలో జనరల్ ఎలక్ట్రికల్స్ లాంటి అతి పెద్ద కంపెనీతో కలుపుకుని ఎన్నో కంపెనీలు గూఢచారి కార్యక్రమాల కోసం చాలా చిన్న చిన్న సాధనాలని అభి



ఫెరెట్ రిసీవర్, USA

వృద్ధి చేయడంలో నిమగ్నమై వున్నాయి. గృహోపకరణాల్లోనూ, చిత్రాల్లోనూ, గోడల్లోనూ దాచడానికి వీలుగా వుండే చిన్న చిన్న టెలివిజన్ కెమెరాలు, టేప్ రికార్డర్లు మొదలైన వాటితో బాటు ఆ పరికరాల జాబితాకి అంతేలేదు. రహస్యంగా వినడం కోసం గ్రాహకాలు అమర్చబడిన లిప్‌స్టిక్ ట్యూబ్‌లు, ఫౌంటెన్ పెన్‌లు, గడియారం కేసులు, అలా ఎన్నో వున్నాయి. తలుపు కింద నుంచి తేలిగ్గా లోపలికి తోయడానికి వీలుగా వుండే పల్చటి ప్లేటు లాంటి మైక్రోఫోన్లు రూపొందించబడ్డాయి.

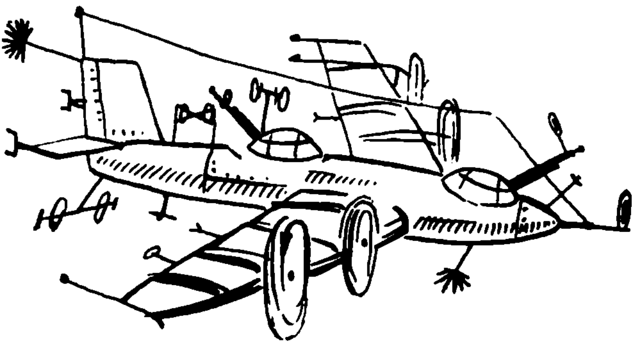
అటువంటి వస్తువులకి ఎంతో గిరాకీ వుంది. ఇతర దేశాల భూభాగంలోకంటా దొంగచాటుగా పంపబడిన ప్రభుత్వ ఏజంట్లకీ, రక్షణ శాఖకి చెందిన ఏజంట్లకీ, తమ దేశస్థులమీదే గూఢచారి చర్యలు జరిపే ప్రైవేటు ఏజంట్లకీ ఆ వస్తువులని సరఫరా చేస్తారు. ఏ క్షణంలోనైనా ఆ రెండు అంచుల ఆయుధం దాన్ని ఉపయోగించేవాడినే దెబ్బతీయవచ్చుననే విషయం గ్రహించిన "క్లిఫ్టన్" అనే కంపెనీ, గూఢచారి చర్యల కోసం తను రూపొందించిన కొత్త సాధనాల జాబితాలిస్తూ కింద ఇటువంటి హెచ్చరిక ప్రచురించింది. "జాగ్రత్త! పై జాబితాలో ఇవ్వబడిన పరికరాల్లో కొన్నింటి వాడకాన్ని నిషేధిస్తూ ఎన్నో దేశాల్లో శాసనాలు వున్నాయి. కొన్న వస్తువుల వాడకానికి సంబంధించి ఆ శాసనాలు ఎలా వర్తిస్తాయో ధృవ పరచుకోవడం కొనుగోలుదారు బాధ్యతకాని, అమ్మకందారు బాధ్యత కాదు."

"జాగ్రత్త!..." ఎంతో సమయోచితమైన హెచ్చరిక. దురదృష్టవశాత్తు కొందరు దాన్ని పెడచెవిన పెడుతూంటారు. 1960వ సంవత్సరం మే ఒకటవ తేదీన ఎంతో ఆధునిక పరికరాలతో "లాక్‌హీడ్ – 2" విమానం సరిహద్దుని దాటి సోవియట్ యూనియన్ భూభాగంలోకి చొరబడింది. విమాన చోదకుడు ఫ్రాన్సిస్ జీ. పవర్స్ చట్టవిరుద్ధంగా ఆ విమానాన్ని సోవియట్ యూనియన్ భూభాగంలోకి నడిపాడు. ఆ విమానానికి వ్యతికరణ సంకేతాలని వికిరణం చేసే ప్రత్యేక ప్రసారిణులని అమర్చారు. అలాగే "ఉపయోగించబడుతోన్న" అన్ని రకాల రేడియో తరంగాలను (2.5 సెంటీ మీటర్ల నుంచి ఒక మీటరు దాకా) గ్రహించడం కోసం అనేక ఛానెల్‌లు గల గూఢచారి గ్రాహకం ఒకటి అమర్చారు. ఒక జత అన్టెనాల వలన సరిగ్గా ఎక్కడి నుంచి సంకేతం వచ్చిందో తెలుసుకోవడం సాధ్యపడింది. సంకేతాలన్నీ అయస్కాంత టేపు మీద నమోదు చెయ్యబడ్డాయి. తర్వాత వాటిని విశ్లేషించి సంకేతాల లక్ష్యం ఏమిటో, పనిచేస్తున్న సావతువ్యాల పరిధి ఏమిటో నిర్ణయించడానికి ఆ టేపులు సహాయపడతాయని ఆశించారు.

అదృష్టవశాత్తూ, అమెరికన్ గూఢచారి శాఖ ప్రయత్నాలు విఫలమయాయి. గూఢచారి చర్యల కోసం ఇతర భూభాగాల మీదకి విమానాలను పంపడం కూడా రెండు అంచుల ఆయుధం లాంటిదే.

సంకేతాలకి పోటీగా సంకేతాలు

రాడార్ గ్రాహకపు ఇన్‌పుట్ ఒక రకం గొంతుక లాంటిది. గ్రాహకపు ఆన్టెనా తెరిచిన నోరు లాంటిది. వ్యతికరణ సంకేతపు పౌనఃపున్యం, ఆన్టెనాలో దానికి చెందిన పౌనఃపున్యాల పట్టీలో వుంటే గ్రాహకం తన సంకేతాలతో బాటు వ్యతికరణ సంకేతాలని కూడా ఇష్టంతో "మింగేస్తుంది", తన స్వంత ప్రతిధ్వని (పరావర్తనమైన) స్పదనం కంటే వ్యతికరణ సంకేతం, బాగా బలంగా వుంటే రాడార్ కేంద్రం "ఉక్కిరి బిక్కిరవుతుంది."

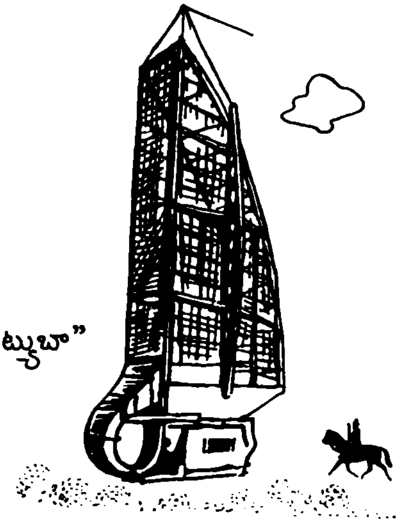


శత్రు రాడార్ కేంద్రాలని బలమైన వ్యతికరణ సంకేతాలతో అణచివేయడం రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో తరచు జరిగేది.

బాంబు దాడుల నుంచి బ్రెమెన్ నగరాన్ని రక్షించడానికి జర్మన్లు విమాన విధ్వంసక ఫిరంగి దళాలను ఉపయోగించారు. వాటిని "వ్యూర్జ్‌బర్గ్" రకం తుపాకీ గురి (గన్-లేయింగ్) రాడార్‌లు కంట్రోలు చేశాయి.

ఆ రాడార్‌ల వాహక పౌనఃపున్యం 560 మెగాహెర్ట్జ్‌లని మిత్రపక్షాల గూఢచారి దళాలు నిర్ధరించాయి. 1943వ సంవత్సరం వేసవికాలంలో అమెరికన్ 8వ విమాన దళానికి "కార్పెట్" రకం ప్రసారిణులు అమర్చారు. ఆ ప్రసారిణులు సగటున 560 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యపు స్పెక్ట్రమ్‌తో వ్యతికరణ సంకేతాలని వికిరణం చేశాయి. 1943 అక్టోబర్‌లో తొలి ఫలితాలు తెలిశాయి. "కార్పెట్" ప్రసారిణులు అమర్చబడిన విమానాలు అవి లేని ఇతర విమానాలకంటే రెండు రెట్లు తక్కువగా కూల్చబడ్డాయి.

వ్యతికరణం ఎంతో ప్రభావాత్మకమైన పద్ధతి. సైన్యపు వాడీ వ్యవస్థతో రేడియో కనక పోల్చ గలిగితే, అటువంటి వ్యవస్థని పూర్తిగా చైతన్య రహితం చేసేది వ్యతికరణమే. ఆ విషయాన్ని అర్థం చేసుకున్న మిత్రపక్షాలు గడచిన ప్రపంచ యుద్ధంలో

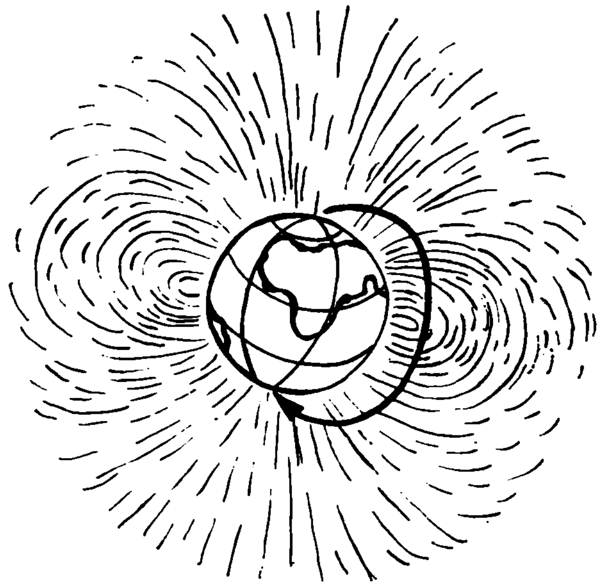


"ట్యుబా"

ఎన్నో పైఎత్తులని ఉపయోగించాయి. B–29 ''ఎగిరే కోట (ఫ్లయింగ్ ఫోర్ట్రెస్)''ని ఆధారంచేసుకుని అమెరికన్‌లు అన్ని రకాల వ్యతికరణాలని ఉత్పత్తిచేయడానికి ఒక పెద్ద ''యంత్ర సముదాయాన్ని (కంబైన్‌ని)'' నిర్మించారు. ఆ ''ఎగిరే కోట'' 18 ప్రసారిణులని, గూఢచారి గ్రాహకాలని, ఎన్నో ఆన్టెనాలని మోసుకువెళ్లేది. అందుకనే ఆ విమానాన్ని ''ముండ్లపంది (పోర్‌క్యుపైన్)'' అనే మారుపేరుతో కూడా పిలిచేవారు.

కొత్త కొత్త రక్షణ చర్యలు తీసుకోవడం సాధ్యం కాని పద్ధతులంటూ ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో లేవు.

రెండు అంచుల ఆయుధం అనేది ఎంతో సర్వసాధారణమయిన విషయం అని చెప్పుకోవచ్చు. అటువంటి అంచులు ఎన్నో ఉన్న కథలని గుర్తుకు తెచ్చుకోవచ్చు. ''మొదటి అంచు'' – జెర్మన్ ఫైటర్ విమానాలలో లక్ష్యాలను గురిచేయడానికి, వ్యతికరణానికి వీలుగా రాడార్ కేంద్రాలని అమర్చారు. ''రెండవ అంచు'' – బ్రిటిష్‌వారు వెంటనే దాన్ని ఉపయోగించుకున్నారు. వాళ్ళు సంకేతాలని పట్టుకొని పొసఃపువ్యాల పరిధిని నిర్ణయించారు. దీన్ని అనుసరిస్తూ వెంటనే ''మూడవ అంచు'' – బ్రిటిష్ వారు తమ బాంబర్ విమానాలకి సంకేతాలని జామ్ చేసే కేంద్రాలని అమర్చారు. అంచులు అంతటితో అయిపోయాయని మీరనుకుంటున్నారేమో? అల్లాంటిదేమీ లేదు! వెంటనే విమాన చోదకులు, జామ్ చేయబడిన సంకేతాన్ని అది ఒక రేడియో బీకన్



అయినట్లు, దాని సహాయంతోనే తమ ఫైటర్లతో లక్ష్యాల వైపుకి ఎగురుతూ దాడి చేయగలిగారు.

మళ్లీ సమతూకం కాస్త జర్మన్ ఫైటర్ల వైపు వంగింది. దానికి విరుగుడుని మళ్లీ కనిపెట్టాలి.

అంటే బ్రిటిష్ బాంబర్లు ప్రసారం చేస్తున్న జామ్ సంకేతాలు శత్రువుకి ఉపయోగిస్తున్నాయి కాబట్టి ఆ సంకేతాలని భూమి మీద నుంచి ప్రసారం చేయాలన్న మాట.

పెద్ద పెద్ద అమెరికన్ "ట్యూబా" ప్రసారిణులని ఇంగ్లండు దక్షిణ తీరమంతా ఉంచారు. వాటి బలమైన సంకేతాలు, జర్మన్ ఫైటర్లు "గుడ్డి" వయేలా చేసేవి. ఫైటర్లు వెనకబడి తరమక పోవడంతో బ్రిటిష్ బాంబర్లు ఇంగ్లీషు ఛానెల్ గుండా సురక్షితంగా ఇంటికి చేరేవి.

ఆధునిక పరిస్థితుల్లో సంకేతాలని జామ్‌చేయడం ఎంత ప్రతిభావంతంగా జరగ గలదంటే ఆయుధం "మూడో అంచుని" కనుక్కోవడం ఎంతో కష్టమయిపోతుంది.

జాన్‌స్టన్ ద్వీపంలో 1968–ఆగస్టులో అమెరికన్‌లు జరిపిన అణు ప్రేలుడు, టోకియో కాలిఫోర్నియాల మధ్య 5 నుంచి 25 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పరిధిలోని వార్తా

సంబంధాలకి ఆటంకం కలిగించింది. వార్తా సంబంధాలని 18 గంటల తర్వాత మాత్రమే తిరిగి నెలకొల్పగలిగారు.

అణు విస్ఫోటనం వలన, శీఘ్ర బీటా కణాల రూపంలో ఎంతో పెద్ద పరిమాణంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు పుడతాయి. భూ అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఎలక్ట్రాన్‌లు సరిగ్గా అయస్కాంత కటకాల క్షేత్రంలో లాగానే ప్రవర్తిస్తాయి. అవి "గిరని తిరగడం" మొదలెట్టి అయస్కాంత బల రేఖల వెంబడి చలిస్తాయి (ప్రకరణం 3, "ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసాలు").

భూ అయస్కాంత క్షేత్ర నిర్మాణం తెలుసుకొబట్టి, అటువంటి విస్ఫోటనం వలన పుట్టిన బీటా కణాల అధిక ద్రవ్యరాశిని ఏ భాగానికైనా సరే పంపవచ్చు.

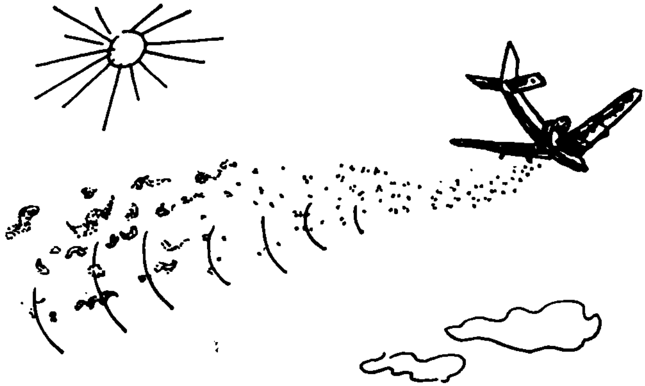
భూమాత పిల్లల చేతుల్లో ఈనాడు ఎంత శక్తి ఇమిడి వుందంటే, ఆ శక్తితో పోల్చుకుంటే భూమాత అయస్కాంత క్షేత్రమూ, అసంఖ్యాకమైన రేడియో తరంగాలూ గల ఒక అతి పల్చటి ముసుగు వేసుకున్న వృద్ధ స్త్రీలా వుంటుంది. తన పిల్లలు ప్రమాదకరమైన ఈ ఆటల్లో ఎంత దాకా వెళ్తారో, ఏం చేస్తారో అని వృద్ధ స్త్రీ ఎంతో ఆందోళన చెందుతోంది.

దృష్టిని మళ్లించే వస్తువు

ఒకోసారి గొప్ప ప్రభావాన్ని అతి తేలిక పద్ధతిలో సాధించవచ్చు. ఉదాహరణకి, సాధారణమైన పలుచని లోహపు (తగరపు) రేకులను పరివర్తకాలుగా వాడటం అతి తేలికైన ఒక విరుగుడు చర్య.

విమానం లోహపు రేకు ముక్కలని కిందకి విసురుతుంది. వెంటనే రాడార్ తెర మీద "నకిలీ లక్ష్యం" అవతరిస్తుంది. విమాన విధ్వంసక దళాల "కళ్ళు" నకిలీ లక్ష్యాల





వెంటబడతాయి. ''కళ్ల'' వి అనుసరిస్తూ ఫిరంగి గొట్టాలు వాటంతటవే రాడార్ అన్వేషాల అద్దాలు తిరిగిన వైపు తిరుగుతాయి.

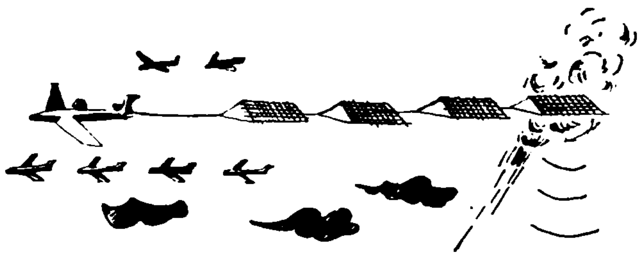
దానర్థం, కృత్రిమ లక్ష్యం కంటి దృష్టిని మరల్చడమే కాకుండా, తుపాకీ గుండుని కూడా పక్కకి మరల్చగలదన్నమాట.

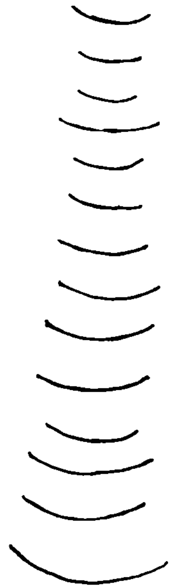
తగరపు రిబ్బను అట్టే బరువుగా ఏమీ వుండదు. దీన్ని ప్రతి విమానం తనతో కావల్సినంత తీసుకువెళ్లగలదు. ఆ రిబ్బను రాడార్ తెరల మీద మూకుమ్మడి దాడి జరగబోతోందనే భ్రాంతి కలిగిస్తుంది.

గడచిన యుద్ధంలో ఒక విమానం 700 నకిలీ లక్ష్యాలని కల్పించగలిగింది! ఆ 700 లక్ష్యాల్లో ఏది నిజమైనదో ఏది నకిలీ అయినదో, దేని వైపు గురిచూసి కాల్చాలో ఎలా తెలుస్తుంది? అది అంత తేలికైనది కాబట్టే, ఆ పద్ధతికి అంత ప్రాచుర్యం లభించింది. యుద్ధ కాలం అంతటిలోనూ మొత్తం 20 000 టన్నుల దాకా తగరం ఫాసిస్టు జర్మనీ భూభాగం మీద విడవబడింది!

పరావర్తనం ఎంతో ప్రభావాత్మకంగా వుండడానికి కోణీయ పరావర్తకాలని వివిధ పరిమాణాల్లో, రూపాల్లో ఉపయోగించారు. యుద్ధపు రోజుల్లో బాంబర్లలోని రాడార్ కేంద్రాల దృష్టిని మరల్చడానికి అటువంటి పరావర్తకాల సహాయంతో మొత్తం ''నకిలీ నగరాల్నే'' ఎన్నిటినో నిర్మించారు.

అటువంటి పరావర్తకాలతో సమకూర్చబడిన ప్రత్యేక వలలని వాడేవారు. ఆ వల చాలా ఎక్కువ శక్తిని పరావర్తనం చేసేది. వెంటనే విమాన విధ్వంసక రాడార్ కేంద్రాలు వాటంతటవే నకిలీ లక్ష్యం వైపు గురిపెట్టేవి. ఒకే విమానం శత్రువుల గుళ్ల వర్షాన్ని తన ''వలలో చిక్కించుకునేది''. మిగిలిన విమానాలన్నీ క్షేమంగా తప్పించుకునేటట్లు చేసేవి.





1944 మేనెలో రెండవ రంగం ప్రారంభించినప్పుడు నార్మండీలో యుద్ధ దళాలు దిగడానికి ఎలక్ట్రానిక్ పద్ధతులని భారీ ఎత్తున ఉపయోగించారు.

దిగుతున్న సైన్యాలని ఎదుర్కోడానికి జర్మన్లు యూరపులోని ఉత్తర తీరప్రాంతమంతా పెద్ద సంఖ్యలో శోధన కేంద్రాలని కేంద్రీకరించారు. అవి అంతరాళాన్నీ, ఆ భూభాగం మీది ప్రతి అంగుళాన్నీ కాపలాకాశాయి. కానైతే, మిత్రపక్షాలు తమ సైనిక దళాలని దింపడానికి ముందు టాంకు దాడుల ద్వారామూ, వాయు దాడుల ద్వారామూ 80 శాతం జర్మను స్టేషన్లని ధ్వంసం చేయడానికి అలాగే, ఆ తర్వాత మిగిలిన శత్రు కేంద్రాలని అణచి



వేయడానికీ, జామ్ చేసే కేంద్రాలని 700 దాకా నెలకొల్పాయి.

అద్భుతమైన మాయలమారి ఎత్తులు ఆ విధంగా మొదలయాయి. మిత్రపక్షాల విమానాలు ఇంగ్లీషు ఛానెల్ మీద ఎగురుతూ పరావర్తకాలూ, ప్రత్యేకమైన సంకేతాల

సహాయంతో ఇక్కడా, అక్కడా, అలా అన్ని చోట్లా అదనపు లక్ష్యాలని ఏర్పరిచాయి. నకిలీవైన ఈ ప్రమాద సంకేతాలతో గందరగోళంలో పడిపోయిన జర్మన్ విమాన చోదకులు పూర్తిగా అలసిపోయారు.

భారీ ఎత్తున పంపిన నకిలీ సంకేతాల సహాయంతో మిత్రపక్షాలు సుమారు నాలుగు గంటల పాటు తమ బలగాలు బులోన్ ప్రాంతం దిశలో కదులుతున్నట్లు జర్మన్లకి భ్రాంతి కలిగించాయి. ఆవిధంగా జర్మన్లు తమ బలాలని బులోన్, కలేయ్ ప్రాంతాల్లో కేంద్రీకరించేట్లు చేశాయి. ఈలోపల మిత్ర పక్షాల బలగాలు నార్మండీలో దిగాయి. ఆ ప్రాంతంలో జర్మన్ రక్షక బలాలు ఎంత బలహీనపడిపోయాయంటే, అక్కడ రంగంలోకి దిగిన మిత్రపక్షానికి చెందిన 2127 నౌకల్లో జర్మన్లు 6 నౌకలని మాత్రమే ముంచగలిగారు.

రాకెట్లు, ఎలక్ట్రానిక్స్

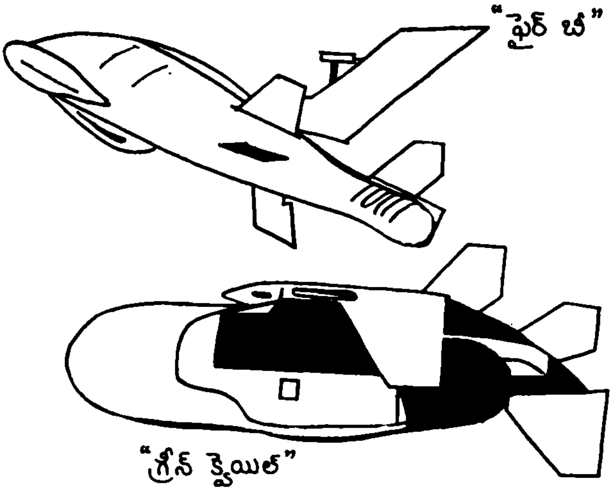
యుద్ధంలో ఫాసిస్టు జర్మనీ పూర్తి ఓటమి పాలైనప్పటి నుండి నేటి వరకు గడచిన కాలంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ పెద్ద అంగల్లో ముందుకువెళ్ళింది. యిదివరకు సైనిక ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని భూమి మీద, నౌకల మీద, విమానాల మీద మాత్రమే ఉపయోగిస్తే నేడు ఎన్నో రకాల రాకెట్ల కోసం అనేక రకాల పరికరాలని అభివృద్ధి చేయాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది.

ఆ పరికరాలు ఎంతో తేలిగ్గానూ, చిన్నవిగా పీలుగానూ ఉండాలి. ఎందుకంటే రాకెట్లో జాగా పరిమితంగా వుంటుంది. పరికరాల బరువు ఎక్కువైన కొద్దీ రాకెట్టు వెళ్ళగలిగే దూరం ఎన్నో రెట్లు తగ్గుతుంది. అంతేకాకుండా, పరికరాలు ఎంతో దృఢంగా వుండాలి. రాకెట్టు బయల్దేరేటప్పుడు ఏర్పడే అతి భారాల మూలంగా పరికరంలోని ఏ ఒక్క భాగమూ దెబ్బతినకుండా ఉండాలి. రాకెట్ల వేగాలు ఎంతో ఎక్కువగా ఉంటాయి కాబట్టి, కొలతలలో కచ్చితత్వం, సమాచారాన్ని అతి శీఘ్రంగా విశ్లేషించడం మొదలైన సమస్యలకి ఎంతో ప్రాముఖ్యత ఉంటుంది. అయితే ఆ గుణాలన్నీ పరికరానికి వుండేలా చేయడం ఒకోసారి కష్టమవుతుంది. అయితే ఇటీవల సంవత్సరాల్లో అటువంటి పరికరాల రూపకర్తలకి ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎన్నో అద్భుతమైన నూతన సాధనాలని ఇచ్చింది.

గడచిన యుద్ధంలో అన్ని పరికరాల్లోనూ ఎక్కువగా వాల్వులు వుండేవి. ఈరోజున అన్ని సైనిక పరికరాల్లోనూ అర్ధవాహకాలని ఉపయోగిస్తున్నారు. ఇక సర్క్యూట్ల విషయంలో ప్రధానంగా లాజికల్ పద్ధతులను, కంప్యూటర్ పద్ధతులను కంట్రోలు చేసే విభాగంలో ఎంతో ప్రగతి సాధించబడింది.

కొత్త రకాల రాకెట్ల అభివృద్ధిలో శాస్త్ర, సాంకేతిక రంగాల్లో సాధించబడిన అధునాతన ఫలితాలన్నీ ఉపయోగించబడుతున్నాయి. గడచిన సంవత్సరాల అనుభవం కూడా పరిగణనలోకి తీసుకోబడుతోంది. పాత ఉపాయాలు కొత్త రూపాన్ని తీసుకుంటు న్నాయి. ఉదాహరణకి, భూమి మీది కేంద్రాల సంకేతాలని జామ్ చేయడానికి, అబద్ధపు లక్ష్యాలని ఏర్పరచడానికి ఆ రాకెట్లనే వాడుతున్నారు. అమెరికన్ సైన్యాలు రెండు రకాల రాకెట్లని పై పనులకి ఉపయోగిస్తున్నాయి. అవి ''గ్రీన్ క్వెయిల్'', ''ఫైర్‌బీ'' లాంటి రాకెట్లు.

వాటిని విమానం మీద నుంచి ప్రయోగిస్తారు. ఆ రాకెట్లని రేడియో ద్వారా గాని, వాటి స్వంత కంప్యూటర్ల ద్వారా గాని కంట్రోలు చేస్తారు. ఆ రాకెట్లు ఏ విమానం నుంచి అయితే వదలబడ్డాయో ఆ విమానాన్ని వదిలి ముందుకుపోతూ వ్యతికరణ సంకేతాలని ప్రసారం చేస్తూ స్టేషన్ల సంకేతాలని జామ్ చేస్తాయి. అలాగే అవసరం వస్తే అబద్ధపు లక్ష్యాలుగా కూడా పనిచేస్తూ శత్రువు దాడిని తన వైపు తిప్పుకోగలవు. తమ పనిని పూర్తిచేసిన తర్వాత ఆ రాకెట్లు ''ఆత్మహత్య'' చేసుకుంటాయి. అవి తమలో వుండే విషయాలన్నిటినీ రహస్యంగా ఉంచడానికి ప్రేలిపోతాయి.



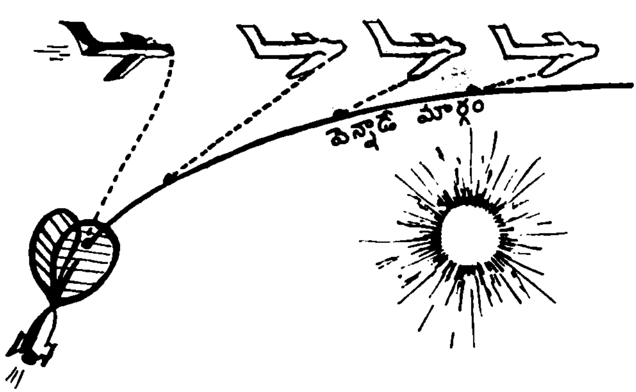
అధునిక ఎలక్ట్రానిక్స్ ఖండాంతర ప్రాక్షేపిక మిసిలీలు నమ్మకంగా పనిచేసేలా చూడటానికి అబద్ధపు రాడార్ లక్ష్యాలని కూడా ఉపయోగిస్తోంది. ప్రధానంగా అమెరికా, మిసిలీల వార్‌హెడ్‌ల చుట్టూ నకిలీ లక్ష్యంగా లోహపు తునకల మబ్బుని ఏర్పాటు చేసే పద్ధతులని పరిశోధిస్తోంది.

అయితే ఆ లోహపు తునకలని అంతరాళంలోకి ఎలా తీసుకువెళ్లడం? వాటిని మిసైల్ లోపల ఉంచి పంపలేం. ఎందుకంటే రాకెట్టు తనతో తీసుకువెళ్లే ప్రతి గ్రాము బరువుకీ ఎంతో డబ్బు ఖర్చవుతుంది.

దానికో తేలికైన పరిష్కార మార్గం కనుగొన్నారు.

వార్‌హెడ్‌ని ప్రక్షేపమార్గంలోకి ప్రవేశపెట్టిన వాహక రాకెట్టు తన ప్రధాన కర్తవ్యాన్ని నిర్వహించింది. అంటే దాన్నిప్పుడు అబద్ధపు లక్ష్యం కింద ఉపయోగించవచ్చన్నమాట. వార్‌హెడ్ ప్రక్షేపమార్గంలోకి ప్రవేశించిన తర్వాత వాహక రాకెట్ నుంచి విడివడుతుంది. రాకెట్టు పేలిపోయి తునకల మబ్బుగా మారిపోతుంది. అంత ఎత్తులో వాతావరణం చాలా పలచగా ఉంటుంది. అందుచేత తునకలు మిసైల్ వేగంతోనే చలిస్తూ దాన్ని వెంబడిస్తాయి. ఆ తునకల మబ్బు వైశాల్యం వందల కొద్దీ చదరపు కిలోమీటర్ల దాకా ఉండచ్చు. అటువంటి పెద్ద మబ్బులో చిన్న వార్‌హెడ్ ఎక్కడో దాక్కుని వుంటుంది. రాడార్ సహాయంతో దాన్ని కనుక్కోవడం అంత తేలికైన పని కాదు.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం జరుగుతున్న రోజుల్లోనే ''హోమింగ్'' మిసైల్‌లు, టార్పెడోలు ఉపయోగించబడుతూండేవి. మిసైల్ తల భాగం మీద సంకేతాలు వికిరణం చేసే రెండు ఆన్టెనాలు ఒక కోణంలో అమర్చబడివుండేవి. తిన్నగా లక్ష్యం వైపు మిసైల్ ఎగురుతున్నంతసేపూ రెండు ఆన్టెనాల సంకేతాలు ఒకటేలా వుండేవి. మిసైల్ ఏమాత్రం కొంచెం పక్కకి తప్పినా సంకేతాలలో తేడా ఏర్పడేది. వెంటనే ఆటోమేటిక్ సాధనం మిసైల్‌ని సరైన మార్గంలోకి తీసుకువస్తుంది. దాని ఫలితంగా, మిసైల్ ''అనుసరణ వక్రం'' (గణితశాస్త్రజ్ఞుల పరిభాషలో) అనే మార్గంలో ఎగురుతుంది. సరిగ్గా అదే పద్ధతిలో తోడేలు కుందేలుని వేటాడుతుందని వేటగాళ్లకి బాగా తెలుసు. ప్రమాదాన్ని పసిగట్టనంతసేపూ కుందేలు సరళరేఖలో పరుగెడుతుంది. కాని ఎప్పుడైతే తనని వెం



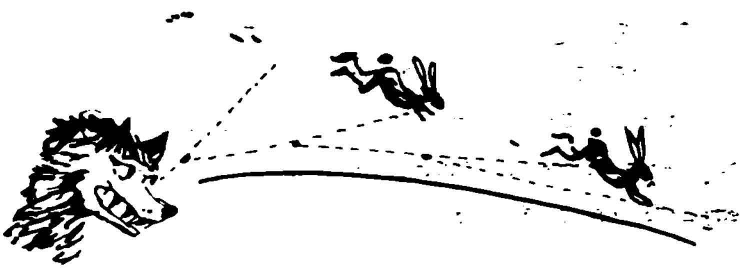
టాడుతున్నట్టు అనుమానం వస్తుందో అప్పుడు అది వంకరటింకరగా పరుగెత్తడం మొదలెడుతుంది. ఎలక్ట్రానిక్ తల వున్న మిసిలీలాగానే తోడేల్కూ తన లక్ష్యాన్ని విరం తరాయంగా గమనిస్తూనే వుంటుంది.

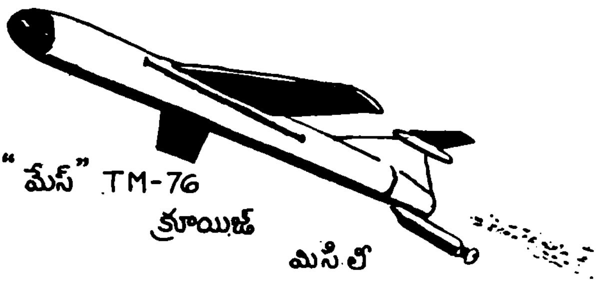
సైబెర్నెటిక్స్‌కి పిత అయిన నోర్‌బెర్ట్ వీనెర్ ఒక సంఘటనని గురించి పేర్కొన్నాడు. సైనిక విభాగానికి చెందిన ప్రయోగశాలలో ఒకరోజున ఆయన ఒంటరిగా వున్నాడు. ఆ గదిలో ఇంకెవరూ లేకపోయినా ఎవరో నిర్విరామంగా తనకేసి చూస్తున్న అనుభూతిని ఆయన పొందాడు. ఇంతలో, కొక్కెం మీద వేలాడదీయబడి వున్న టార్పెడో మొండి ముక్కు ఆయనెటు తిరిగితే అటు తిరుగుతున్నట్లు గమనించాడు. అదేమీ ప్రియమైన అనుభూతి కాదు. ఆ గదిలో తన పక్క తలలో మెదడుకి బదులు భయంకరమైన ఫిరంగి గుండు వున్న క్రూరమైన పరభక్షి దగ్గర్లో దాక్కొని వున్నట్లు అన్పించింది.

మెదడు లేకుండా ఫిరంగి గుండు ఉండటం గుడ్డిలో మెల్లలా నయమేమో. గుళ్లకి, మిసిలీలకి, టార్పెడోలకి సైబెర్నెటిక్స్ "కృత్రిమ మెదడుని" సరఫరా చేయగానే "పర భక్షులు" ఇంకా ప్రమాదకరమైనవి అయాయి. అలాగే వాటితో సంబంధాలు కలిగి వుండటం యింకా భయానకమవుతోంది.

ఆరకం వాటిల్లో ఇదిగో ఇంకో కొత్తది.

"మెటడోర్" క్రూయిజ్ మిసిలీలో (అమెరికా) "అట్రాన్" అనే మార్గదర్శక వ్యవస్థ ఉంటుంది. దాని సంకేతాలని జామ్ చేయడం సాధ్యంకాదు. అది పనిచేసే విధానం ఎంతో ఆసక్తికరమైంది. ముందుగానే ఒక మ్యాపుని దాని మెమొరీలో ఉంచుతారు. భూభాగం మీద మిసిలీ ఎగురుతూ తన రాడార్ సాధనాలతో దాన్ని పలు దిశల్లోనూ గమనించి మ్యాపుగా అది తయారుచేస్తుంది. ఒక ఎలక్ట్రానిక్ వలయం రెండు మ్యాపులనూ పరిపోల్చి చూస్తుంది. భూభాగంలోని ప్రధాన గుర్తులను ఆధారంచేసుకుని దారిని సరిదిద్దే సంకేతాలని స్వయంచోదక వ్యవస్థకి ఆ ఎలక్ట్రానిక్ వలయం ఎప్పటికప్పుడు అందిస్తూంటుంది.





"మేస్" TM-76 క్రూయిజ్ మిసిలీ

ప్రయోగాల్లో, 6 జామ్ చేసే కేంద్రాలు, అటువంటి పరికరాలు అమర్చబడిన క్రూయిజ్ మిసిలీని దాని మార్గం నుంచి తప్పించలేకపోయాయి. పరిపూర్ణ జ్ఞాపకశక్తి వున్న మనిషిలాగా అవి ప్రవర్తిస్తాయి. ఆ వ్యక్తి తనకి బాగా తెలిసిన ప్రాంతంలో ఎన్ని దొంగ గుర్తులు ఉంచినా తన దారిని తప్పడు కదా!

ఆధునిక రాడార్ టెక్నిక్‌లకి ఎన్నో కొత్త అవకాశాలు వచ్చాయి.

హ్రస్వ తరంగాలు ఇంకా ఎటువంటి రహస్యాలని తమలో దాచుకున్నాయో? తరంగ దైర్ఘ్యాలని ఇంకా 100, 1 000 లేక 100 000 సార్లు కురచచేయగలిగితే ఎలాంటి కొత్త అవకాశాలు తలెత్తుతాయో!

అయితే నిజానికి అదేమీ అంత తేలిక కాదు. సెంటీమీటరు తరంగాల కోసం ఉపయోగించిన మాగ్నెట్రాన్‌లు, క్లిస్ట్రాన్‌లు, పయనించే తరంగపు గొట్టాలు మొదలైన అద్భుతమైన ఆ పాత సాధనాలన్నీ మైక్రాన్ తరంగాలని తయారుచేయడానికి ఏమాత్రం పనికిరావు. అందుకనే 20 ఏళ్లపాటు ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి 10 000 మెగాహెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యాలని మించని సెంటీమీటర్ తరంగాలే ఒక అవధిగా ఉండటంలో ఆశ్చర్యమేమీ లేదు.

కాని విజ్ఞానశాస్త్రం, టెక్నాలజీలు అభివృద్ధి లేకుండా ఒకేచోట ఎన్నడూ నిలబడిపోవు. ఇంతలో లేజర్లు వచ్చాయి. పౌనఃపున్యాల మాపకంలో పైకి టెక్నాలజీ ఒక పెద్ద ముందంజ వేసింది (అలా ఇప్పటికి ఎన్నిసార్లు జరిగిందో!). ''ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్ర అంతా తరంగాలని కురచచేయడానికి సంబంధించినదే'' అని అధ్యాయం మొదట్లో అన్నామంటే అది ఊరికే ఏమీకాదు!

శ్రుతిచేయబడిన సర్క్యూట్లకి బదులు పరమాణువులు

ఇదీ మూలాంశం

4. 30

కాంతి తరంగాల పట్టీని (వీటి తరంగదైర్ఘ్యాలు మైక్రోవేవ్‌లో ఎన్నో వంతులు చిన్నవిగా మాత్రమే ఉంటాయి) లొంగదీసుకున్న తర్వాత రాడార్‌కి, వార్తా సంబంధాల ఇంజనీరింగులకి ఎన్నో కొత్త అవకాశాలు వచ్చాయి.

మైక్రోవేవ్ తరంగాల్ని ఎలా ఉత్పత్తి చేయడం?

డెసీమీటర్, సెంటీమీటర్ తరంగాల డోలకాల్లోని స్థిర తరంగాల్లో నిర్దిష్ట భాగం కోటరపు పొడుగులో ఇమిడితీరాలని (4. 13) మనం గమనించాం. అంటే, వికిరణం చెందిన తరంగంకంటే కోటరం కురచగా వుండాలి.

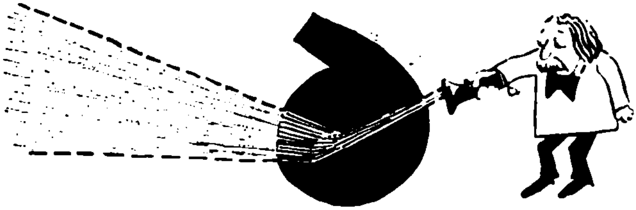
కోటరం సహాయంతో మిల్లీమీటర్ తరంగాల కంటే 1 000 రెట్లు కురచగా ఉండే తరంగాలని పొందాలని మనం అనుకుంటే, మైక్రోస్కోపులో మాత్రమే కంటికి కనిపించేంత చిన్న కోటరాన్ని తయారుచేయాలి. ఆ సమస్యని పరిష్కరించడం దాదాపు అసంభవమే. అయితే, అదృష్టవశాత్తు మనకి ప్రకృతి ఇంకో అవకాశాన్ని ఇచ్చింది. అతి హ్రస్వ తరంగాలకి ''శ్రుతిచేయబడిన'' అనునాదకాలు ప్రకృతిలో ఉన్నాయి. ఎన్నో పదార్థాల 'ప ర మా ణు వు లే' ఆ అనునాదకాలు.

4. 31

సాధారణ పరిస్థితుల్లో వాయు పరమాణువులు లేక స్ఫటికాల పరమాణువులు కాంతి శక్తిని శోషణం చేసుకుంటాయి.

కాంతి సహాయంతో అదే పరమాణువులని ఉత్తేజిత స్థితిలోకి తీసుకురావచ్చుని, అప్పుడవి వేరే పౌనఃపున్యం గల కాంతి తరంగాల్ని వికిరణంచేస్తాయని 1916లో ఐన్‌స్టెయిన్ సైద్ధాంతికంగా నిరూపించాడు. ఒక వింతైన ''కాంతి ప్రేరణం'' అప్పుడు ఏర్పడుతుంది. అంటే, వాయు పరమాణువులు లేక స్ఫటిక పరమాణువులు తమమీద పడే కాంతిని ఆంప్లిఫై చేస్తాయి.

1940లో సోవియట్ భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు వి. ఫాబ్రికంత్, పతన తరంగాల తీవ్రత

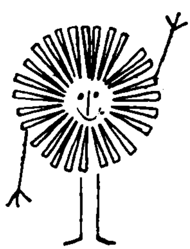


కంటే వికిరణం అయిన కాంతి తీవ్రత ఎక్కువగా వుండేలా సాధించినట్లు తన ప్రయోగాల్లో వర్ణించాడు.

"విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలని (అతి నీలలోహిత, దృగ్గోచర, పరారుణ, రేడియో తరంగాలు)" ఆంప్లిఫై చేసే పద్ధతి అనే నూతన ఆవిష్కరణకి 1961లో వి. ఫాబ్రికంట్, ఎఫ్. బుటాయెవ్‌లకి రచయిత హక్కులను యిచ్చారు.

1954లో సోవియట్ యూనియన్‌లో ఎన్. బాసొవ్, ఎ. ప్రోఖొరొవ్‌లు మొట్టమొదటి క్వాంటమ్ డోలకాన్ని రూపొందించారు.

4. 32

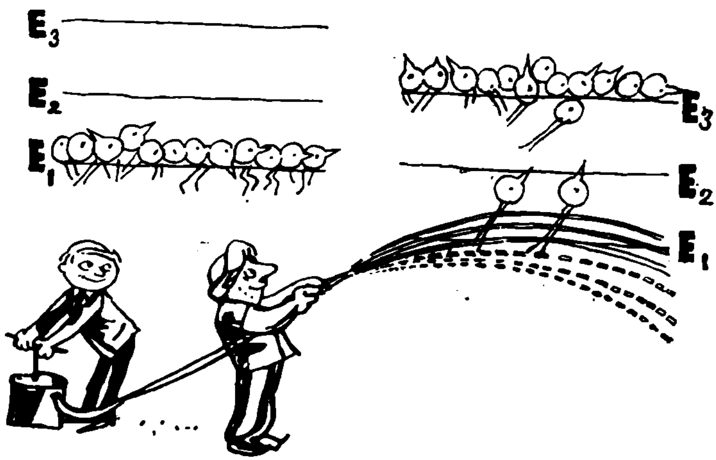


కాంతి కిరణాలు అంటే ఫోటాన్‌లని శోషణం చేసుకోవడం, వికిరణం చేసుకోవడం అనే ప్రక్రియల మీద ఆధారపడి క్వాంటమ్ డోలకం పని చేస్తుంది. అందుకనే ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోని ఈ భాగానికి ఫోటానిక్స్ అనే పేరు పెట్టాం.

కాంతి శక్తిలో క్వాంటాన్నే (అతి చిన్న భాగం) ఫోటాన్ అంటారు. ప్రకృతిలో ఇతర క్వాంటాలు కూడా ఉంటాయి. అదృశ్య విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రపు (అంటే రేడియో తరంగాల) క్వాంటమ్, ధ్వని శక్తియొక్క క్వాంటమ్ (దీన్నే ఫోనాన్ అంటారు), గురుత్వ క్వాంటమ్ (గ్రావిటాన్), కేంద్రకపు క్షేత్ర క్వాంటమ్ (మీసాన్) మొదలైనవి.

4. 33

ఒక పరమాణువు ఫోటాన్‌ని శోషణం చేసుకుంటే, ఆ పరమాణువు శక్తి పెరుగుతుంది. పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాన్‌లలో ఒకటి, శక్తి E_1 గల తన సాధారణ కక్ష్య నుంచి ఎక్కువ శక్తి E_3 గల కక్ష్యలోకి మారుతుంది.



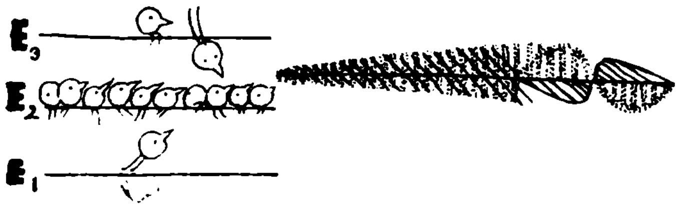
ఒక ప్రత్యేకమైన "పంపింగ్ సంకేతం" సహాయంతో కొన్ని పదార్థాలని వికిరణానికి గురి చేయడం ద్వారా బహుళ సంఖ్యలో పరమాణువులని E_1 స్థాయి నుంచి E_3 స్థాయికి తీసుకువెళ్లడం సాధ్యపడుతుంది. అటువంటి ప్రక్రియని పరమాణువుల ఉత్తేజనము అంటారు.

పరమాణువుచేత శోషణం చేసుకోబడిన ఫోటాన్‌కి, సరిగ్గా పరమాణువుని E_1 స్థాయి నుంచి E_3 స్థాయికి గెంతించడానికి కావలసినంత శక్తి ఉంటుంది. ఆ ఫోటాన్‌లతో ఏర్పడిన పంపింగ్ సంకేతవు పౌనఃపున్యం సరిగ్గా ఆ "గెంతు" మీదే ఆధారపడివుంటుంది. "గెంతు" ఎంత ఎక్కువయితే (E_3-E_1) దాని పౌనఃపున్యం అంత ఎక్కువగా వుండాలి.

4. 34

శక్తి స్థాయి E_1 వుండే స్థిరమైన స్థితికి భిన్నంగా, ఉత్తేజనం పొందిన స్థాయి అస్థిరంగా ఉంటుంది. పరమాణువులు E_3 స్థాయి నుంచి ఎక్కువ స్థిరమైన స్థాయి E_2కి తేలిగ్గా మారతాయి. ఇంకా కచ్చితంగా చెప్పుకోవాలంటే వాటి ఎలక్ట్రాన్‌లు హెచ్చైన శక్తి స్థాయి E_3 కక్ష్య నుంచి కింది వాటికి గెంతుతాయి. ఆ సందర్భంలో ప్రతి పరమాణువు ఒక ఫోటాన్‌ని వికిరణం చేస్తుంది. అవన్నీ కలిసివున్నప్పుడు విద్యుదయస్కాంత శక్తియొక్క ధారని ఉత్పత్తి చేస్తాయి. అవే కాంతిని వికిరణం చేస్తాయి.

అన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లూ E_3 స్థాయిని వదిలిపెట్టి వెళ్లేదాకా, అంటే కిందకి E_3-E_2 స్థాయికి "గెంతి" వచ్చేదాకా వికిరణం కొనసాగుతుంది.



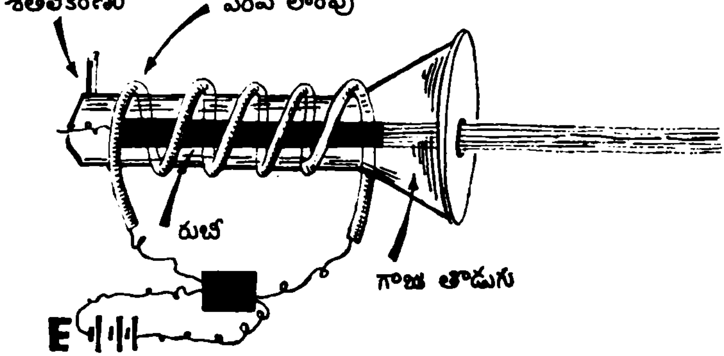
పంపింగ్ అవి మళ్ళీ ఆ స్థాయిని చేరేలా చేస్తుంది. దాని వెనకాలే కాంతి స్పందనం వికిరణమవుతుంది. పంపింగ్ చేయడానికి పట్టే కాలం, వికిరణం అయే కాలం కంటే ఎన్నో రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఆధునిక లేజర్లు వికిరణం చేసే స్పందనాలు సాధారణంగా సెకనులో వెయ్యో వంతుకాలంపాటు మాత్రమే ఉంటాయి. పంపింగ్ ఎక్కువ కాలంపాటు జరిగినట్లయితే ఉత్తేజిత పరమాణువులు చాలా శక్తిని ప్రోగుచేసుకుంటాయి. అప్పుడు ఆ శక్తి సెకనులో వెయ్యో వంతు కాలంలో స్ఫటికం నుంచి ప్రకాశవంతమైన కిరణపుంజంలా తిన్నగా వికిరణం అవుతుంది.

4. 35

లేజర్‌యొక్క వికిరణ పౌనఃపున్యం, రెండు స్థాయిల మధ్య వ్యత్యాసం E_3-E_2 మీద అంటే ఫోటాన్‌ని వికిరణం చేసి పరమాణువు ఏ స్థాయికి దిగివస్తుందో దాని మీద ఆధారపడి ఉంటుంది (4. 33).

కెంపు రంగు గల లేజర్ ఎర్ర కాంతిని ఉద్గారం చేస్తుంది. సాధారణంగా ఆకు పచ్చ రంగు లేజర్ పంపింగ్ సంకేతాన్ని యిస్తూంటుంది. ఎర్ర రంగు పౌనఃపున్యం



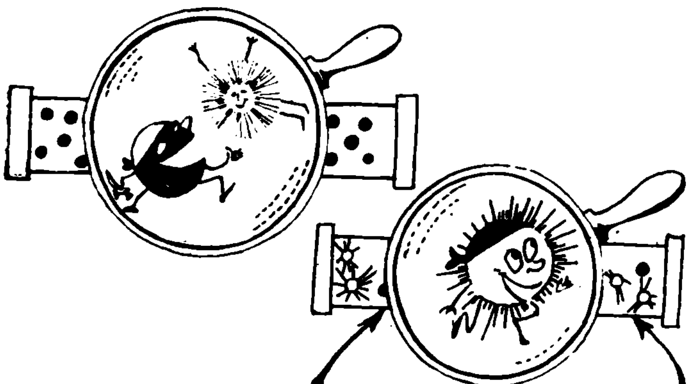
ఆకుపచ్చ రంగు పౌనఃపున్యం కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. దాన్నిబట్టి $E_3—E_2$ గెంతు, $E_3—E_1$ గెంతు కంటే చిన్నదిగా ఉంటుంది.

సాధారణమైన శృతిచేయబడిన వలయానికి (బాహ్య పరిస్థితుల ప్రభావానికి కాలం తోపాటు దీని పరిమాణంలో మార్పులు రావచ్చు) భిన్నంగా "శృతిచేయబడిన పరమాణు వలయం" లేక శృతిచేయబడిన "అణు వలయా"నికి అసాధారణమైన హెచ్చు స్థిరత్వం ఉంటుంది.

అటువంటి "శృతిచేయబడిన వలయాల" డోలన పౌనఃపున్యం కాలాన్ని కొలవడానికి ఉపయోగించినట్లయితే అటువంటి గడియారానికీ, ఖగోళ గడియారానికీ మధ్య తేడా 3 000 సంవత్సరాలకి ఒక సెకనుని మించదు.

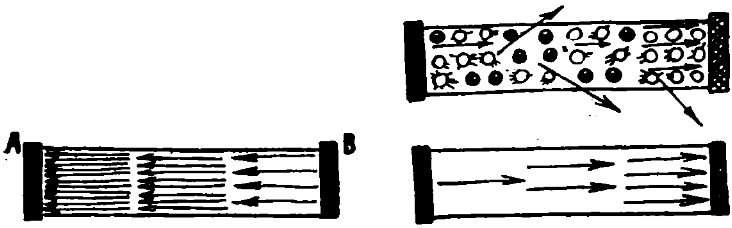
4. 36

పంపింగ్ సంకేతాన్ని ఇవ్వడానికి ముందు కెంపు రంగు కడ్డీలోని క్రోమియం పరమాణువులన్నీ తక్కువ స్థాయిలో, అంటే స్థిరమైన స్థితిలో వుంటాయి. ఆ కెంపు రంగు గల కడ్డీకి పంపింగ్ సంకేతం ఫోటాన్లని అందిస్తుంది. ఆవిధంగా దాని పర ణువులని ఉత్తేజపరచి అవి E_2 స్థాయికి గెంతేలా చేస్తుంది.



4. 37

ఉత్తేజితమైన పరమాణువు ఫోటాన్ని ఏ క్షణంలోనైనా ఉద్గారం చేయవచ్చు. ఆ ఫోటాన్ ఉత్తేజితమైన యింకో పరమాణువుని చేరి దాన్ని కింది స్థాయి E_2కి నెట్టేసి తనతోబాటు కొత్త ఫోటాన్ని తీసుకుపోతుంది. ఆ రెండు ఫోటాన్లూ తక్షణం నాలుగుగా, నాలుగు ఎనిమిదిగా, అలా రెట్టింపు అయిపోతూంటాయి. ఆవిధంగా



ఫోటాన్‌ల "హిమ శిలాపాతం" పెరుగుతూ పోతుంది. పైగ ఫోటాన్‌లన్నీ ఒకదాని తర్వాత ఇంకోటి ఒకే దిశలో, ఒకే పౌనఃపున్యంతో కదంతొక్కుతూ పోతాయి.

కొన్ని ఫోటాన్‌లు కడ్డీ అక్షం నుంచి పక్కకి తొలగవచ్చు (చిత్రంలో వాటి మార్గం బాణాలతో చూపించబడింది). తమ దారిలో ఏ పరమాణువులనీ కలవకుండా అవి ఎంతో శీఘ్రంగా స్ఫటికాన్ని వదిలిపెట్టి పోతాయి. అయితే, అక్షం గుండా కదుల్తున్న ఫోటాన్‌లు రానురాను ఎక్కువ సంఖ్యలో కొత్త ఉత్తేజిత పరమాణువులని కలుస్తాంటాయి. ఆ ఉత్తేజిత పరమాణువులని ఫోటాన్‌లు స్థిరమైన స్థితిలోకి తీసుకు వస్తూ కొత్త ఫోటాన్‌లని తమతోపాటు తీసుకుపోతూంటాయి.

ఆవిధంగా స్ఫటికపు అక్షం దిశలో ఒక బ్రహ్మాండమైన ఫోటాన్‌ల ధార ఏర్పడుతుంది.

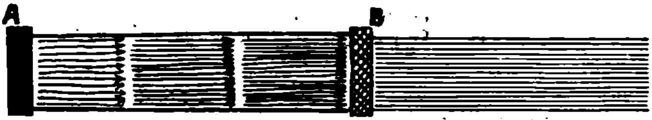
4. 38

"హిమ శిలాపాతం" కెంపు రంగు గల కడ్డీలో దొర్లుకుంటూవస్తూ ఇంకా ఇంకా ఎక్కువ బలాన్ని పుంజుకుంటుంది. కొత్త ఫోటాన్‌ల పుణ్యమా అని ఆ ధార బలం పెరుగుతూ పోతుంది. కడ్డీ కుడి తలం చివర ఉంచబడిన దర్పణం – Bని చేరిన ధార పరావర్తనం చెంది వెనక్కి దూసుకు వస్తుంది. ధార ఇంకా పెరుగుతూ పోతుంది.

కడ్డీ ఎడమ తలం చివరన ధార, దర్పణం – Aని ఢీకొని పరావర్తనం చెంది తిరిగి దర్పణం – B వైపు దూసుకు వెళ్తుంది.

4. 39

దర్పణం – Aకి భిన్నంగా దర్పణం – Bకి కొంత పారదర్శకత ఉంటుంది. అయితే ఫోటాన్‌ల తొలి ధార దానిగుండా వెళ్లగలిగినంత బలంగా ఉండదు. అయితే A నుంచి Bకి, B నుంచి Aకి పరావర్తనం చెందుతూ వస్తున్న ఫోటాన్ ధార ఇంకా ఇంకా బలంగా తయారవుతుంది. చివరికి, ఆ ధార అర్ధ పారదర్శకత కల్గిన దర్పణం Bలో నుంచి బయటకి రావడానికి సరిపడినంత శక్తిని పొందుతుంది. సన్నని ఫోటాన్‌ల పుంజం అంతరాళంలోకి దూసుకుపోతుంది.

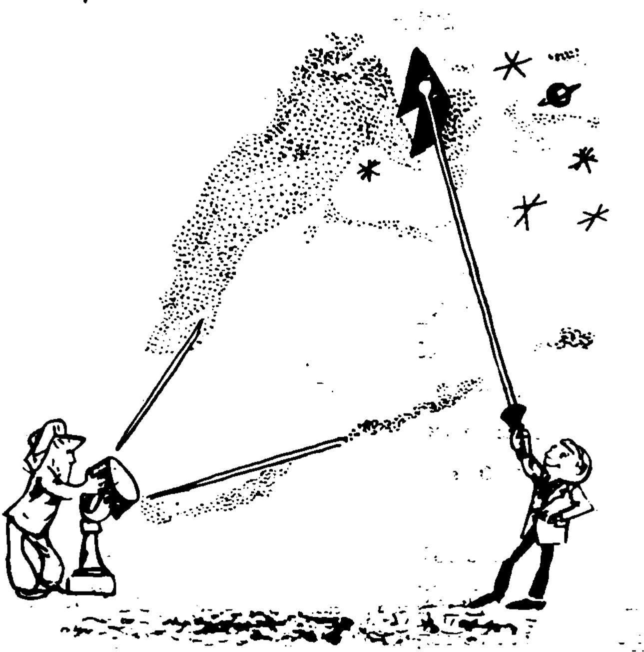


4. 40

లేజర్ ఉద్గారంచేసే కాంతికీ మామూలు కాంతికీ మధ్య ఉన్న తేడా అల్లా లేజర్ ప్రత్యేకమైన సంకేతంతో ఉత్తేజితం చేయడంలోనే ఉంది. అందుకని దానిలోని ఫోటాన్‌లన్నీ ఒకే దశలోనూ, ఒకే పౌనఃపున్యంతోనూ కదంతొక్కుతాయి.

ఫోటానిక్స్ వలన ఆవిర్భవించిన తరంగాలకి వుండే ప్రధానమైన సుగుణం అందులోనే ఉంది. సాధారణ కాంతి అన్ని దిశల్లో "విక్షేపణం" అవుతుంది. అదే లేజర్ కాంతి సమానమైన, సూటి అయిన కిరణపుంజంగా ఒకే దిశలో ఉద్గారం అవుతుంది.

టెలిస్కోపు కటకంలో అమర్చబడిన లేజర్ చంద్రుడి మీద ఏర్పరిచే కాంతి మచ్చ వ్యాసం మూడు కిలోమీటర్లు మాత్రమే ఉంటుంది. అదే సాధారణ సెర్చ్ లైటు కిరణపుంజం ఆదూరంలో ఎంత పెద్దదిగా తయారవుతుందంటే దానిలో 11 చంద్ర బింబాలు ఇముడుతాయి.



హైపెర్‌బొలాయిడ్ సృష్టించబడిన దరిమిలా

అలెక్సేయ్ టాల్‌స్టాయ్ 40 ఏళ్లక్రితం రాసిన శాస్త్రీయ కాల్పనిక గ్రంథంలో హైపెర్ బొలాయిడ్ అనే ఒక చక్కటి పదం అవతరించింది. హైపెర్ బొలాయిడ్‌ని కనుక్కొన్న వ్యక్తి పేరు గారిన్. అతడు ఊహించ శక్యంకాని శక్తి కలిగిన కాంతి కిరణ పుంజాన్ని పొందాడు. దాని సహాయంతో ప్రపంచాన్ని జయించాలనుకున్నాడు.

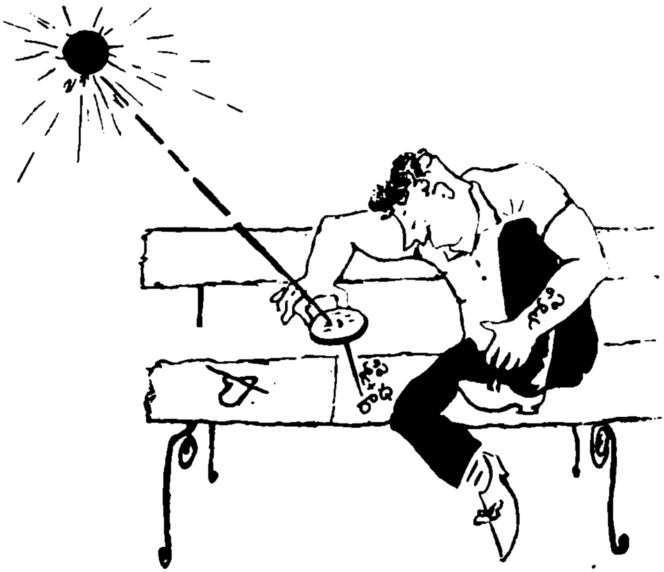
చిన్నతనంలో మన అందరి దగ్గరా ఒక చిన్న హైపెర్‌బొలాయిడ్ — సాధారణ భూతద్దం వుండేది. దాని కిరణపుంజానికి పైన చెప్పుకున్న అద్భుతమైన శక్తి లేదు కాని, అది గారిన్ రూపొందించిన సాధనం లాగానే పనిచేస్తుంది. సూర్య కిరణాలని ఒక కర్ర మీదో, బల్ల మీదో ఒక బిందువుగా కేంద్రీకరించినట్లయితే, అక్కడ కాలిన మచ్చ ఏర్పడవచ్చు. అదే చేతి మీద అయితే చెయ్యి కాలవచ్చు.

మొత్తానికి లేజర్లు నిజంగానే వచ్చాయి. టాల్‌స్టాయ్ ఊహ నిజమయింది. లేజర్ కిరణపుంజం ఎక్కడ పడుతుందో అక్కడ ఏర్పడే బిందువు వలన కలిగే ప్రమాదాన్ని తేలిగ్గా తీసిపారెయ్యడానికి వీలు లేదు. ఆ బిందువు వెయ్యి సూర్యుళ్ల తీవ్రతతో ప్రకాశిస్తుంది! అది లోహం ఆవిరైపోయేలా చేస్తుంది. గ్రాఫైట్ ప్లేటుని సెకనులో ఐదు వేలోవంతు కాలంలో 8000° C ఉష్ణోగ్రత దాకా వేడెక్కిస్తుంది.

లేజర్లని సృష్టించినవారు తొలి దినాల్లో ఆ కిరణపుంజం బలాన్నీ, అలాగే దాని గాఢత స్థాయినీ అంచనావేయడానికి ఒక వింతైన పద్ధతిని రూపొందించారు. ఆ పరిమాణాన్ని సాధారణ సేఫ్టీ రేజర్ బ్లేడుల సంఖ్యతో కొలిచారు. లేజర్ కిరణపుంజాన్ని బ్లేడు మీద పడేలా చేస్తే దానికి చిల్లుపడుతుంది. కొన్ని బ్లేడులు కలిపివున్నా లేజర్ వాటికి చిల్లుపెట్టగలదు. ఒకోసారి డజన్ల సంఖ్యలో బ్లేడులు వున్నా లేజర్ చిల్లుపెట్టగలదు. మరి దీనికీ హైపెర్‌బొలాయిడ్‌కీ మధ్య తేడా ఏమిటి? అటువంటి కిరణపుంజానికి ఎదురుగా రావడానికి ఎవరూ ధైర్యంచెయ్యరు!

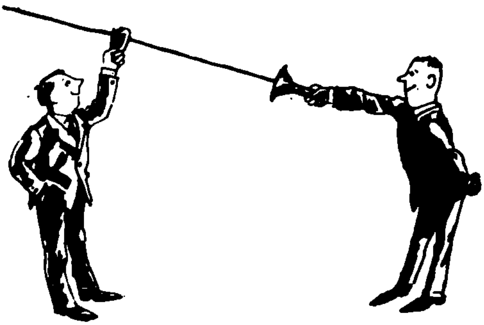
కాని హైపెర్‌బొలాయిడ్, చివరికి లేజర్ రూపంలో ఎందుకు అవతరించింది? లేజర్ ఫోటాన్‌లని అంటే సాధారణ దృగ్గోచర కాంతిని ఉద్గారం చేస్తుంది. అయితే, లేజరే కాకుండా వేరే కాంతి జనకాలు కూడా ఉన్నాయిగా! పైకార్యాలకి వాటినెందుకు ఉపయోగించకూడదు?

లేజర్ ఉద్గారం చేసే కాంతికి భిన్నంగా సాధారణ కాంతి పౌనఃపున్యాల వర్ణపటం ఎంతో విస్తృతంగా ఉంటుంది. వేరే మాటల్లో చెప్పుకుంటే, సాధారణ కాంతిలో విభిన్న తరంగ దైర్ఘ్యాలున్న తరంగాలుంటాయి. ఏదన్నా చెరువులో రకరకాల రాళ్లని ఎవరన్నా



పడేశారనుకుందాం. వాటిలో కొన్ని పెద్దవి, కొన్ని చిన్నవి రకరకాల సైజుల్లో వుంటే, అవి ఏర్పరిచే తరంగాలు కూడా వేర్వేరు తరంగ దైర్ఘ్యాలని కలిగివుంటాయి. అవన్నీ ఒకదాని మీద మరొకటి అధ్యారోపితమవుతాయి. అప్పుడు శృంగాలు, ద్రోణులు ఒక వరుసలో, ఏకరీతిలో ఏర్పడడానికి బదులు, సంశ్లిష్టమైన తరంగాలు చెరువు ఉపరి తలం మీద ఏర్పడతాయి.

సాధారణ కాంతి నుంచి ఉద్దిష్ట కిరణ పుంజాన్ని తయారుచేయడం అసాధ్యం. ఎందుకంటే ఆ కాంతిలోని తరంగాలు ఒకదాని మీద మరొకటి వేర్వేరు ప్రభావాన్ని కలిగివుంటాయి. వాటి శృంగాలు ఏకీభవించడమో, లేక శృంగాలు ద్రోణులు ఏకీభవించ డమో జరుగుతుంది. దాని ఫలితంగా ఏర్పడే చిత్రం, చెరువులో రకరకాల రాళ్ళ పడేసినప్పుడు చెరువు ఉపరితలం మీది చిత్రం కంటే ఎంతో చిక్కగా వుంటుంది. అందుకనే లేజర్ ఉద్గారం చేసే కాంతిని నిపుణులు సంకేతం అని పిలుస్తారు. అదే మామూలు విద్యుత్ బల్బు ఉద్గారం చేసే సాధారణ కాంతి వాళ్ల దృష్టిలో ఒక చప్పుడు తప్పించి యింకేమీ కాదు. అయితే, విద్యుత్ బల్బు చేసే చప్పుడుని ఎవరూ ఎప్పుడూ వినలేదు. అయినాకూడా బల్బుని, చప్పుడు పుట్టించేది అని పిలవవచ్చు. ఎందుకంటే నిపుణుల దృష్టిలో, అనియత డోలన పరిమితి, విస్తృత పౌనఃపున్య వర్ణపటం కలి గిన ఏ సంకేతం అయినా సరే చప్పుడు కిందే లెఖ్ఖ (వర్ణపటం, దాని వియోగం గురించి



సమాచారం కావాలంటే నాల్గవ ప్రకరణంలో "స్పందనాలూ, బురతినో" అనే విభాగం చూడండి).

విద్యుత్ బల్బులోని ఫిలమెంటు విద్యుత్ ప్రవాహం వేడికి తెల్ల రంగులోకి మారుతుంది. ఫిలమెంటులోని ఉత్తేజిత పరమాణువులు విభిన్న శక్తి స్థాయిల్లో ఉంటాయి. పై స్థాయి నుంచి కింది స్థాయికి దొర్లుకుంటూ వస్తూ అవి భారీ ఎత్తున ఫోటాన్‌లను ఉద్గారం చేస్తాయి. అయితే వాటి స్థాయిలు వేర్వేరుగా ఉంటాయి. కాబట్టి, ప్రతీ పరమాణువూ ఉద్గారం చేసే కాంతికి స్వంత తరంగదైర్ఘ్యం వుంటుంది. ఆ పరమాణువులన్నీ కలిపి ఒక విస్తృతమైన వికిరణ వర్ణపటాన్ని కల్పిస్తాయి. వేర్వేరు తరంగదైర్ఘ్యాలు గల తరంగాలు దాంట్లో కొల్లలుగా ఉంటాయి.

సూర్యుడు కూడా చప్పుడు పుట్టించే శక్తుల జాబితాలో వాడే. దాని ఉపరితలంమీది ప్రతీ చదరపు సెంటీమీటరూ భూమికి 7 కిలోవాట్ల దాకా శక్తిగల సంకేతాన్ని పంపిస్తుంది. ఫిల్టర్ సహాయంతో ఒక మెగాహెర్ట్జ్ పౌనఃపున్యం గల పట్టీని వేరుచేద్దామనుకుంటే, అప్పుడు ఫిల్టర్ అవుట్‌పుట్ దగ్గర 0.0001 వాట్ శక్తి మాత్రమే మిగులుతుంది. అంటే, సామర్థ్యం 700 మిలియన్ల రెట్లు తగ్గుతుందన్నమాట.



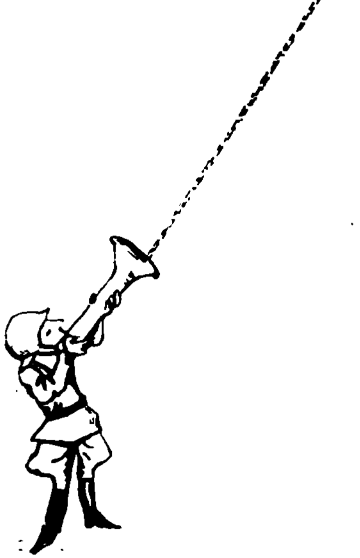
దానర్థం, ఒక మెగాహెర్ట్జ్ పట్టీ వాటా ఒకటిలో 700 మిలియన్ల వంతులు శక్తి మాత్రమే అన్నమాట. మిగతా శక్తిని వర్ణపటంలోని ఇతర పౌనఃపున్యాల వాటా భర్తీ చేస్తోందన్నమాట. అంటే సూర్యరశ్మిలోని అసంఖ్యాకమైన ఇతర తరంగాలు ఆ శక్తిని కల్పిస్తాయన్నమాట.

ఒక పట్టకం (ఇది ఆ తరంగాల్ని రకరకాలుగా వక్రీభవిస్తుంది) సహాయంతో సూర్యుడి "రంగుల

చిత్రాన్ని" సృష్టించవచ్చు. అంటే తెల్ల కాంతినుంచి ఎరుపు, నారింజ, పసుపు, ఆకుపచ్చ, నీలం, ఊదా రంగులని వేరు చేయవచ్చన్నమాట.

లేజర్ కిరణపుంజానికి ఒకే ఒక్క రంగు ఉంటుంది. ఒకే తరంగదైర్ఘ్యం గల తరంగాలతో అది ఏర్పడుతుంది. అదే దాని కున్న ప్రధానమైన ధర్మం. దానికి దిశాత్మకత ఉంటుంది. దాని తరంగాలు అన్ని వైపులకి చెదిరిపోవు. అవి ఒకదాన్నొకటి అణచివేయవు. ఆ తరంగాలు ఒకే దిశలో సన్నని కిరణపుం





జంలా పయనిస్తాయి. కేంద్రీకరించడం ద్వారా లేజర్ కిరణపుంజాన్ని ఇంకా సన్నం చేయవచ్చు. దానికోసం భారీ పరావర్తకాలు, కటకాలు అవసరం లేదు. ఆ కాంతి తరంగాల పొడవు, మిల్లీమీటర్లో కొన్ని పదుల వేల వంతు (0.4 నుంచి 0.7 మైక్రాన్‌ల దాకా) మాత్రమే వుంటుంది. అతి చిన్న కటకం ద్వారా పొందిన తరంగాల పొడవు కూడా వికిరణం అయిన తరంగాల పొడవు కంటే ఎంతో పెద్దదిగా ఉంటుంది.

ఉద్దిష్ట పుంజాన్ని లేజర్ ద్వారా సృష్టించి, కేంద్రీకరింపజేయడం ద్వారా ఎంత దూరంలోని వస్తువునైనా "కాంతితో తాడించవచ్చు".

అతి హ్రస్వ ప్రస్ఫోటాల రూపంలో లేజర్ కాంతి ఉద్గారం అవుతుంది. ఆ ప్రస్ఫోటం సెకనులో వెయ్యోవంతు కాలం మాత్రమే నిలుస్తుంది. ప్రస్ఫోటాల సమయంలో ఉద్గారం అయే శక్తి కొన్ని వేల వాట్‌లు ఉంటుంది. అమెరికా రెండు కిలోమీటర్ల ఎత్తులో ఎగురుతున్న విమానాన్ని గాని లేక ఏదైనా ఇతర లక్ష్యాన్ని గాని ధ్వంసం చేయగల క్వాంటమ్ డోలకాన్ని తయారుచేస్తున్నట్లు అస్సోసియేటెడ్ ప్రెస్ ఏజన్సీ ఎప్పుడో ప్రకటించింది. అదే కిరణపుంజం పరిధి అంతరిక్షంలో కొన్ని వందల కిలోమీటర్ల దాకా వుంటుంది. ఎందుకంటే కాంతి కిరణాలని క్షీణింపజేయడానికి వాతావరణం అక్కడ ఉండదు. అయితే అటువంటి డోలకపు బరువు, పరిమాణాలు సామాన్యంగా ఉండవు. గారిన్ తన సాధనాన్ని ఒక చిన్న పెట్టెలో పెట్టి తీసుకువెళ్తే, అమెరికన్ సాధనం బరువు 14 టన్నులుంటుంది.

ఒక 20 ఏళ్ల కాలంలో ఎటువంటి లేజర్లు వస్తాయి? అవి ఇంకా తేలిగ్గానూ ప్రతిభావంతమైనవిగానూ ఉంటాయనుకోవచ్చు. ఏదైనా రాకెట్టుకి "కాంతి బిందువుని" గురిచేసి దానికి చిల్లుపెట్టడం సాధ్యమవుతుందా? ఎందుకంటే రాకెట్టు ప్రయాణం చేసే వేగంలో దానికి ఒక చిన్న చిల్లుపడినా అది కంట్రోలు కోల్పోయి కిందకి పడిపోతుంది. ఆ సమస్యా పరిష్కారం అనుకున్నంత తేలిక కాదు.

"కాంతి బిందువు" రాకెట్టుకి చిల్లుపెట్టాలంటే, వేగంగా ఎగురుతున్న రాకెట్టు మీద కిరణపుంజం స్థిరంగా ఉండేలా చేయాలి. అలా చేయడానికి రాకెట్టు ఎగురుతున్న మార్గాన్ని అనుసరిస్తూ తక్షణం కిరణ పుంజాన్ని తిరిగి కేంద్రీకరింపజేయాలి.

"కాంతి బిందువు" ఎలా వుండాలి? జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు టిర్రింగ్ ఈకింద ఇచ్చిన లెక్కలని వేశాడు. రాకెట్టు తొడుగుని ఒక్క నిముషం లోపలే కరిగించాలనుకుందాం. అప్పుడు 800 కిలోవాట్ల దాకా శక్తి అవసరం. కేంద్రీకరించబడిన కిరణపుంజపు అపసరణ కోణం ఒక్క కోణీయ నిముషం ఉన్నా (పోల్చి చూడటం కోసం, ఉదయిస్తున్న సూర్య బింబాన్ని 10 నిముషాల కోణంలో మనం చూస్తామని చెప్పుకోవచ్చు) 50 కిలోమీటర్ల ఎత్తులో "కాంతి బిందువు", రాకెట్టు తలభాగపు అడ్డుకోత వైశాల్యం కంటే దాదాపు 200 రెట్లు ఎక్కువ వెడల్పుగా ఉంటుంది. అప్పుడు లేజర్ శక్తిలో 1/200వ భాగం మాత్రమే రాకెట్టుకి అందుతుంది. దానర్థం, ఒక పూర్తి నిముషం కాలంలో లేజర్ మొత్తం వికిరణ సామర్థ్యం

$800 \times 200 = 160\,000$ కిలోవాట్‌లుండాలి.

ఆధునిక లేజర్ వికిరణ సామర్థ్యం సగటున కొన్ని మిల్లీవాట్‌లు మాత్రమే ఉంటోంది. ఈ విషయం ఏమీ ఆశాజనకంగా లేదు. ఎందుకంటే కిరణపుంజం రాకెట్టుని

ధ్వంసంచేయాలంటే లేజర్ సామర్థ్యాన్ని 100 మిలియన్ల రెట్లు పెంచాలి! చాలా తేలికైన పై లెక్కలు ఎంతో విశ్వసనీయమైనవి. అతి సమీప భవిష్యత్తులో రాకెట్లని ధ్వంసం చేయగల ప్రభావాత్మకమైన ఆయుధం — ఒక "హైపెర్‌బొలాయిడ్" రూపొందించబడుతుందనడం ఎంతో సందేహాత్మకమైన విషయం.

కాంతిని మాడ్యులేట్ చేయడం ఎలా?

లేజర్‌యొక్క ఉద్దిష్ట కిరణపుంజాన్ని వాహక సంకేతంగా మార్చడమనేది ఎంతో ఆకర్షణీయమైన ఊహ. వాహక కాంతి సంకేతాలు 30 మిలియన్ల టెలివిజన్ కార్యక్రమాలని ప్రసారంచేయగలిగి వుండేవి.

అయితే లేజర్ సహాయంతో ఏ రకం సమాచారాన్ని ప్రసారంచేయాలన్నా "తివాసీ" మీద "డిజైను" లని — కోడ్ స్పందనాలు, టెలివిజన్ చిత్రాలు, శ్రావ్యతా హావభావాల వర్ణనం, మొదలైన వాటిని చిత్రించడం నేర్చుకోవాల్సిన అవసరం వుంది.

ఇక్కడే సరిగ్గా సమస్య తలెత్తేది. నిజంగానే కాంతిని మాడ్యులేట్ చేయడం ఎలా? ఎలక్ట్రానిక్స్‌లోని "వక్రమైన అద్దాలు" ఆ సమస్యని పరిష్కరించలేవు. కంట్రోలు గ్రిడ్ క్షేత్రం, ఎలక్ట్రాన్‌ల ధార మీద చూపే ప్రభావం మీద ఆధారపడి అద్దాలు పనిచేస్తాయి. కాని ఫోటాన్‌ల మీద ప్రభావం చూపించడం ఎలా? వాటికి ఆవేశం ఉండదు కాబట్టి అవి క్షేత్రాన్ని లెక్కచెయ్యవు. ఈ అడ్డంకిని అధిగమించడం ఎలా?

పదార్థపు దృశా ధర్మాల మీద క్షేత్రం ప్రభావం కలిగించినప్పుడు అనేక సందర్భాలని పరిశీలించిన భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు వెంటనే ఆ సమస్యను పరిష్కరించడానికి ఒక సరైన మార్గాన్ని చేపట్టారు.

వాళ్ల ఆలోచనల, క్రియల గొలుసు యిలా వుంది. ధ్వనులూ, స్పందనాలూ, చిత్రాలూ విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చబడ్డాయి. విద్యుత్ ప్రవాహం క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. స్ఫటికం మీద ప్రభావాన్ని కలిగిస్తూ క్షేత్రం దాని దృశా ధర్మాలని మారుస్తుంది. లేజర్ కిరణపుంజం స్ఫటికంలో నుంచి పయనించగలదు, అలాగే పరావర్తనమూ పొందగలదు. కాబట్టి స్ఫటికాన్ని మారే క్షేత్రపు ప్రభావానికి లోబరచి కిరణపుంజం తీవ్రతని మార్చవచ్చు. అప్పుడు వాహక లేజర్ సంకేతం మీద కావలసిన "డిజైను" అవతరిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో "వక్రమైన అద్దం" అనే పదం శబ్దాలంకారంగా కాకుండా నిజంగానే వాడబడింది. ఎందుకంటే కాంతిని మాడ్యులేట్ చేయాలంటే నిజమైన అద్దాలు కావాలి. అవి నిజంగానే వక్రమైనవిగా ఉండాలి. క్షేత్రం ప్రభావం వలన అవి కాంతిని విరూపం చేస్తాయి.

క్షేత్రం సహాయంతో కాంతి మీద ప్రభావాన్ని కలగచేయడం సాధ్యమయే విషయాలు (లేకపోతే వాళ్ళ ఇష్టంగా అనే, ప్రభావాలు) ఎన్నో భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులకి తెలుసు. ఉదాహరణకి, ''ఫారడే ప్రభావం'' అనేది — దీని ప్రకారం అయస్కాంత క్షేత్రాల ప్రభావం వల్ల కాంతి ధృవణం మారుతుంది (ధృవణం గురించి ఇంతకుముందే మూడవ ప్రకరణంలో చెప్పుకున్నాం — 3.18). లేక జీమాన్ ప్రభావాన్ని తీసుకుందాం. దీని ప్రకారం, బాహ్య క్షేత్రం, స్ఫటికం గుండా పయనిస్తున్న కాంతిపుంజపు వర్ణపటం మారేలా చేస్తుంది. ఆవిధంగా లేజర్ సంకేతపు పౌనఃపున్యం కూడా మాడ్యులేట్ అవుతుంది. అలాగే కార్ ప్రభావాన్ని తీసుకోవచ్చు. దీని ప్రకారం పుంజపు వక్రీభవనం, ధృవణంలో మార్పులు విద్యుత్ క్షేత్రం మీద ఆధారపడి వుంటాయి. దానిమూలంగా, మాడ్యులేట్ అయే సంకేతాలని మారే విద్యుత్ క్షేత్రాలుగా మార్చడం వల్ల, వాహక కాంతి సంకేతాలని మాడ్యులేట్ చేయడం సాధ్యమవుతోంది.

కాంతిని ధ్వనితో కూడా మాడ్యులేట్ చేయవచ్చు. ఆ సందర్భంలో ధ్వని తరంగాలు స్ఫటిక జాలకాన్ని విరూపం చేస్తాయి. ఆవిధంగా కాంతి వ్యాపించే మాధ్యమంయొక్క దృశా ధర్మాలని అవి మారుస్తాయి.

చివరికి లేజర్‌లో కూడా పంపింగ్ తీవ్రతని మార్చడం సాధ్యమే. అలా కొంత వరకు కాంతి సంకేతం తీవ్రతని, దాని పౌనఃపున్యాన్ని ప్రభావితం చేయవచ్చు.

ఇప్పుడు మాడ్యులేట్ అయిన లేజర్ సంకేతం గ్రాహకాన్ని చేరుకుంటుంది. ఇక్కడ మనం సంకేతాన్ని గుర్తించాలని మీకు తెలుసు. అంటే ''తివాచీ'' నుంచి ''డిజైను''ని వేరుచేయాలి. దాన్ని విద్యుత్ఫలితం ప్రకారం ఫోటోసెల్‌లో నుంచి వెళ్ళే విద్యుత్ ప్రవాహం, ప్రదీపనంయొక్క తీవ్రత మీద ఆధారపడి వుంటుంది. సంకేతాన్ని గుర్తించడంలో ఒక చిన్న విషయం సులువుగా తెలుస్తోంది. మాడ్యులేట్ అయిన కిరణపుంజం తీవ్రత మారుతూ, ఫోటోసెల్ వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం మారేలా చేస్తుంది.

కాంతి సంకేతం పౌనఃపున్యాన్ని మార్చడానికి కూడా విద్యుత్ఫలితాన్నే ఉపయోగిస్తారు. లేజర్ — ప్రసారిణి పంపే సంకేతాన్ని, ఫోటోసెల్‌లో స్థానిక లేజర్ డోలకం సంకేతంతో కలుపుతారు (స్థానిక డోలకం పాత్రని మూడవ ప్రకరణంలో ''వికృత ప్రతిబింబాలని చూపే అద్దాల రాజ్యం'' అనే భాగంలో వివరించాము). ఆ పౌనఃపున్యాలలో వుండే తేడా ఔట్‌పుట్ దగ్గర ఏర్పడుతుంది. మిగతా వలయానికి సాధారణ సూపర్ హెటెరోడైన్ గ్రాహకానికి మధ్య తేడా ఏమీ ఉండదు (158వ పేజీలోని సర్క్యూట్ డయాగ్రమ్‌ని చూడండి). ఎందుకంటే, పరివర్తనం మూలంగా కాంతి సంకేతపు పౌనఃపున్యం రేడియో పౌనఃపున్యం స్థాయికి తగ్గించబడుతుంది.

ఈరోజున కాంతి సంకేతాల మాడ్యులేషన్, శోధనాలకి సంబంధించి విస్తృతమైన పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి. భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు ప్రయోగాలని నిర్వహిస్తున్నారు. ఆ ఫలితాలని పోల్చి చూస్తున్నారు. విభిన్న సంకేతాలకి మాడ్యులేట్ అయే పౌనఃపున్యాలకి సంబంధించి పైన పేర్కొన్న పద్ధతుల్లో ఏది అనువైనదో పరిశోధిస్తున్నారు. కాంతిని మాడ్యులేట్ చేయడానికి సంబంధించిన సమస్యలెన్నిటినో పరిష్కరించడంలో శాస్త్రవేత్తలు నిమగ్నులైవున్నారు. ఎన్నో ప్రాయోగిక విషయాల్లో మనకి తెలిసిన అన్ని ఫలితాల్లోనూ అతి "ప్రభావాత్మకమైన ఫలితాన్ని" కనుగొనడానికి కృషిచేస్తున్నారు.

చర్చించవలసిన అంశాలు

...క్లినిక్‌లో ఒక కొత్త రోగిని చేర్చారు. ఎక్స్-రే తీస్తే అతనికి వెంటనే శస్త్రచికిత్స చేయాలని తేలింది. వైద్యుడు శస్త్రచికిత్సకి సిద్ధంఅయాడు. అయితే అతని చేతిలో వున్నది కోసే సాధనమూ కాదు, గుచ్చే సాధనమూ కాదు. ఏదో ఒక అసాధారణమైన సాధనం. అతను రోగి ఎక్స్-రే ఫోటోలని జాగ్రత్తగా పరిశీలిస్తాడు. రోగి శరీరం పైనుంచి శస్త్రచికిత్స జరిగే ప్రాంతం వరకు ఎంత దూరం వుందో ఆ ఫోటోల మీద కచ్చితంగా కొలుస్తాడు. దాని ప్రకారం సాధనాన్ని అమరుస్తాడు. అప్పుడు సాధనం మీటని నొక్కుతాడు. వెంటనే మనిషి శరీరంలో నుంచి ఒక సన్నని కాంతి కిరణపుంజం దూసుకుపోతుంది.

శస్త్రచికిత్స అయిపోయింది. అయితే రోగి శరీరం మీద ఒక్క రక్తపు చుక్క కూడా లేదు. శస్త్రచికిత్స అయిన గుర్తులూ లేవు. ఇంతకీ జరిగిన దేమిటంటే, శరీరానికి ఏవిధమైన హానీ కలిగించకుండా పుంజం లోపలికి దూసుకుపోతుంది. దాన్ని కేంద్రీకరించిన చోట, అంటే శస్త్రచికిత్స జరగవలసిన చోటుని కాల్చి నిర్మూలించింది.

ఒక చోద్యంలా వుంది కదూ? అవును, ప్రస్తుతానికి అలాగే వుంది. అయితే అతి సమీప భవిష్యత్తులో అది నిజమవుతుందనడంలో అనుమానం లేదు.

ఎక్కడైతే కిరణపుంజం కేంద్రీకరించబడుతుందో అక్కడ తప్పించి మిగతా అన్ని ప్రాంతాల్లోనూ దేహానికి ప్రమాదం లేకుండా లేజర్ వికిరణ సామర్థ్యాన్ని ఎన్నుకోవచ్చు. అది కేంద్రీకరించబడే ప్రాంతంలో కిరణపుంజం సన్నని సూది మొనలా ఉంటుంది. అంతేకాకుండా ఆ "సూది" రోగి శరీరం లోకి గుచ్చాల్సిన అవసరం ఉండదు. ఎక్కడయితే దెబ్బతిన్న కణజాలాన్ని కాల్చి నిర్మూలించాలో సరిగ్గా "అక్కడే" అది ప్రత్యక్షమవుతుంది.

ఇటువంటి ప్రయోగాలని ఇప్పటికే నిర్వహించారు: సున్నితమైన కంటిపాప కణజాలానికి హాని కలిగించకుండా కంటిలో చిట్లిన నేత్ర పటలాన్ని (రెటీనాని) అతికడానికి లేజర్ కిరణపుంజాన్ని ఉపయోగించారు.

విజ్ఞాన, సాంకేతిక శాస్త్రాల్లో లేజర్ల మూలంగా ఏర్పడిన అవకాశాలకు ఒక హద్దంటూ లేదు. ఒక్క రాడార్‌లోనూ, సమాచార సంబంధాలలోనే కాకుండా ఉత్పత్తి విభాగంలో కూడా ఫోటాన్ ఎల్రక్ట్రాన్‌కి ఒక అసాధ్యమైన ప్రత్యర్థిగా నిలబడింది. లేజర్లు వచ్చిన తర్వాత లోహాలని, ఇతర పదార్థాలనీ ఉత్పత్తి చేయడంలో ఒక్క ఎల్రక్ట్రాన్‌లనే కాకుండా ప్రోటాన్ కిరణపుంజాన్ని కూడా ఉపయోగిస్తున్నారు. అంతేకాకుండా, అతి సూక్ష్మమైన భాగాలని కనుగొని, వాటి ప్రతిబింబాన్ని ఫొటోగ్రాఫిక్ పలక మీద పొంది, కచ్చితంగా ఆ భాగాల పరిమాణాన్ని నిర్ణయించడం సన్నని లేజర్ కిరణపుంజం మూలంగానే సాధ్యమవుతోంది.

అయితే విషయమంతా అంతటితో అయిపోలేదు: అటువంటి కిరణపుంజం ప్రభావం మూలంగా కొన్ని పదార్థాల అణువులు రసాయనికంగా చురుకుదనాన్ని పొందుతాయి. వికిరణాల పౌనఃపున్యాన్ని మారుస్తూ వేర్వేరు పదార్థాల అణువులని ఉత్తేజపరచవచ్చు. అంటే, సంశ్లిష్ట రసాయన ప్రక్రియల్లో అన్నింటినీ కాకుండా కొన్నింటిని మాత్రమే త్వరితపరుస్తూ అవసరమైన దిద్దుబాట్లని ప్రవేశపెట్టవచ్చు. అణువుల మధ్య బంధాలని విడగొట్టడానికి అదే కిరణపుంజాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. దానర్థం వేర్వేరు పదార్థాల నిర్మాణాన్ని మనం కోరుకున్నట్లు మార్చుకోవచ్చన్నమాట.

ఇంకో లాభం కూడా కింద ఇస్తున్నాం. తీగలు లేకుండా శక్తిని ప్రసారం చేయడమే అది. నిజానికి సన్నని కిరణపుంజం ఒక వాహకం. ఆ పుంజం శక్తినంతా కేంద్రీకరించి మార్గంలో వృథా కాకుండా మొత్తం శక్తినంతటినీ లక్ష్యానికి అందిస్తుంది.

అలాగే ఇతర ప్రణాళికలు కూడా వున్నాయి. కాంతి, పీడనాన్ని కలిగిస్తుంది. ఆ విషయాన్ని 70 సంవత్సరాల క్రితమే రష్యన్ శాస్త్రజ్ఞుడు లెబెదెవ్ నిరూపించాడు. సాధారణ కాంతి కలిగించే పీడనాన్ని అతి సున్నితమైన పరికరాల సహాయంతో మాత్రమే కనుగొనగలం. అదే బలమైన సన్నని లేజర్ కిరణ పుంజం సంగతేమిటి? లేజర్ కిరణ పుంజంలో పీడనం కొన్ని మిలియన్ల అట్మాస్ఫియర్లు ఉంటుందని లెక్కగట్టారు.

అటువంటి కిరణపుంజం సహాయంతో, సరిగ్గా బ్రహ్మాండమైన సూచికలోలాగా కృత్రిమ ఉపగ్రహాల మార్గాన్ని నేరుగా భూమి మీద నుంచే మార్చడం సాధ్యమవుతుంది.

లేజర్ల అవతరణతో సాంకేతిక విజ్ఞాన శాస్త్రంలో ''హోలోగ్రఫీ'' అనే కొత్త విభాగం అవతరించింది. హోలోగ్రఫీ అంటే ఏమిటి?

అందాజుగా చెప్పుకోవాలంటే, దాన్ని త్రిమితీయ ఫొటోగ్రఫీ అనవచ్చు. ఫొటో తీయా

ల్పిన వస్తువునీ, ప్రత్యేకమైన ప్లేటునీ లేజర్ కిరణపుంజంతో ప్రదీప్తం చేస్తారు. ప్రత్యేక దర్పణాల వ్యవస్థతో లేజర్ కిరణపుంజం దిశ మారుస్తారు. ఆ ప్లేటు మీద కిరణపుంజాల అన్యోన్య చర్యల జాడలు (హోలోగ్రామ్‌లు) మిగులుతాయి. హోలోగ్రామ్‌లో వస్తువు ప్రతిబింబాన్ని వెదకడానికి ప్రయత్నించకండి. అక్కడ ఒకదానితో ఇంకోటి అల్లుకుని వున్న వింత రేఖలు మాత్రమే ఉంటాయి. ఫొటోతీసిన వస్తువు రూపు రేఖలకీ వాటికీ మధ్య ఏ మాత్రం పోలికా ఉండదు. అయితే, వస్తువును తీసేసి, హోలోగ్రామ్ గుండా లేజర్ కిరణపుంజాన్ని పంపితే వస్తువు తిరిగి ప్రత్యక్షమవుతుంది. కాదు, వస్తువు కాదు, దాని "తరంగ ప్రతిరూపం" మాత్రమే. ఎందుకంటే అది అభౌతికమైనది. దానికి బరువుండదు. అయితే దానికి ఒక నిర్దిష్ట ఘనపరిమాణం ఉంటుంది. దాన్ని వెనక వైపునుంచి చూడండి. హోలోగ్రామ్‌లో రెండు వస్తువులుంటే (ఉదాహరణకి, రెండు చదరంగపు పావులు) కొన్ని కోణాల నుంచి చూసినపుడు నిజమైన వాటి లాగానే అవి ఒకదాని వెనక ఇంకోటి దాక్కుని వున్నట్లు కనబడతాయి.

ఈ విషయంలో, ఈనాటి దాకా రూపొందించబడిన స్టీరియోస్కోపిక్ చిత్రలకీ, హోలోగ్రఫీ చిత్రాలకీ (పోర్ట్రేయిట్‌లకీ) మధ్య తేడా వుంది. స్టీరియోస్కోపిక్ చిత్రాల్లో మనం పొందేది ఘన పరిమాణం, దృక్పథ చిత్రాల భ్రమ మాత్రమే. అయితే హోలోగ్రఫీ చిత్రాల్లో వుండేది భ్రమ కాదు. అది ఒక అసలైన వస్తువునుంచి "పోతపోసిన అచ్చు". ముఖ్యమైన తేడా ఏమిటంటే, హోలోగ్రఫీ చిత్రాలు పదార్థాలతో చేయబడివుండవు, తరంగాలతో కలిసి ఏర్పడతాయి.

ఈ శాఖ అభివృద్ధి చెందినకొద్దీ స్టీరియోస్కోపిక్ టెలివిజన్, స్టీరియోస్కోపిక్ చలన చిత్రాల్లో హోలోగ్రఫీ ఒక స్థిరమైన స్థానాన్ని సంపాదించుకొంటుందని భావించవచ్చు.

అంతరిక్షంలోనూ, భూమిమీదా

ఇదీ మూలాంశం

4. 41

సన్నగా కేంద్రీకరించబడి సూది మొనలా కంట్రోలు చేస్తూ పంపబడే లేజర్ కిరణపుంజం సాంకేతిక శాస్త్రంలోని ఎన్నో విభాగాల్లో ఉపయోగ పడుతుంది. అంతరిక్షంలోని దేహాలతో (వస్తువులతో) వార్తాప్రసార సంబంధాలని ఏర్పరుచుకోడంలో

లేజర్లు ఎంతో విస్తృతంగా ఉపయోగించుకోబడతాయి. భూమికీ, అంతరిక్షానికీ మధ్య ప్రత్యక్ష వార్తా ప్రసార సంబంధాలను ఏర్పరుచుకోవడం కష్టమే. ఎందుకంటే మేఘాలూ, పొగమంచూ, వానలూ కాంతిని చెదిరిపోయేలా చేస్తాయి. అందుకనే లేజర్లని కృత్రిమ ఉపగ్రహాల్లో ఉంచాలి. ఉపగ్రహాలకీ, భూమికీ మధ్య వార్తా ప్రసార సంబంధాలని మామూలు రేడియో కేంద్రాలు ఏర్పరుస్తాయి.

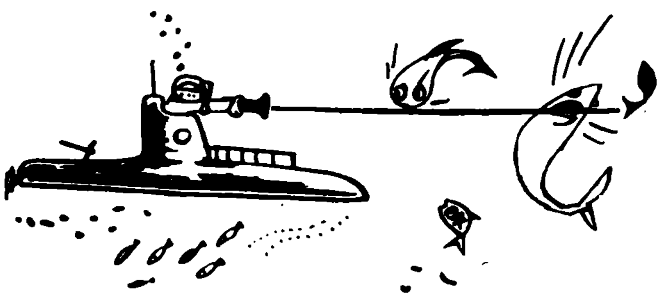
4. 42

అంతరిక్షంలోకి లేజర్ పంపిన కిరణపుంజం లక్ష్యం దగ్గరికి నేరుగా ప్రయాణం చేస్తుంది.

అంగారక గ్రహంతో వార్తా ప్రసార సంబంధాలని మామూలు రేడియో కేంద్రంతో ఏర్పరుచుకోవాలంటే, దాని సామర్థ్యం కొన్ని మిలియన్ల వాట్‌లు వుండాలి. అదే లేజర్‌తో అయితే ఒక వాట్ సామర్థ్యం సరిపోతుంది. అంటే జేబు ఎలక్ట్రిక్ టార్చి లేక ఫ్లాష్‌లైట్ సామర్థ్యం కంటే తక్కువన్నమాట!

4. 43

అంతరిక్షంలోనే కాదు నీటి కింద కూడా లేజర్ల ఉపయోగం ఇంతా అంతా కాదు. సాధారణ రేడియో తరంగాలు నీటిలో పెద్ద ఎత్తున క్షీణించి పోతాయి (బలహీనపడతాయి). అందుకనే నీటి కింద జరిగే వార్తా ప్రసారాలకి అతి ధ్వనులని ఉపయోగిస్తు



న్నారు. నీటి గుండా కాంతి కూడా బాగా ప్రసరించదు. అయితే నీలం ఆకుపచ్చ రంగుల తరంగదైర్ఘ్యాలు వుండే ఏ కాంతి తరంగాలైనా సముద్ర జలాల్లో బాగా ప్రయాణం చేస్తాయి. సముద్ర జలానికి ఆ ప్రత్యేకమైన రంగు ఉండటానికి కూడా కారణం అదే.

నీటికింద వార్తా ప్రసారాల్లోనూ, రాడార్‌లోనూ ప్రస్తుతం సముద్ర నీటి రంగులోని రాడార్ కిరణ పుంజాలని ఉపయోగిస్తున్నారు.

4. 44

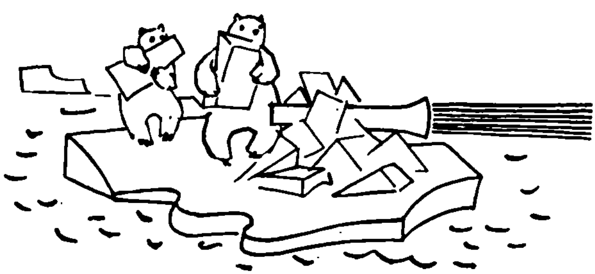
ధ్వని, టెలివిజన్ వార్తాప్రసారాలకి వాహక సంకేతాలుగా ఉపయోగించే కాంతి సంకేతాలని వాతావరణ ప్రభావం నుంచి రక్షించాలి. బహుశా మూడు వంతులు అటు వంటి సంకేతాల కోసం ప్రత్యేకమైన గొట్టాలని రూపొందిస్తారు. వాటి దిశని మార్చ డానికి అద్దాలని ఉపయోగిస్తారు.



4. 45

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి "చంటిబిడ్డ వ్యాధుల" దశ ఎప్పుడో దాటిపోయింది. కాని ఫొటా నిక్స్‌కి ఇప్పుడే అది మొదలైంది.

విస్ఫులింగ ప్రసారిణుల నుంచి అవిచ్ఛిన్న తరంగ వికిరణానికి మారే దశ ఎంత కష్టమైందో మీకు గుర్తుందా? అటువంటిదే సరిగ్గా యిప్పుడు లేజర్‌తో జరుగుతోంది. ఫ్లాష్ – పద్ధతిలో పంపింగ్ జరుగుతోంది. పంప్ బల్బు ఇచ్చే ప్రతీ ఫ్లాష్ తర్వాతా సెకనులో కొన్ని వేలోవంతు కాలంపాటు ఉండే స్పందనాలని లేజర్ ఉద్గారం చేస్తుంది. అవిచ్ఛిన్నమైన పంపింగ్‌ని రూపొందించడం కష్టమైన సమస్య. పంపింగ్ సామర్థ్యాన్ని పెంచినట్లయితే లేజర్ అత్యధికంగా వేడెక్కిపోతుంది. అప్పుడు దాన్ని చల్లార్చాలి.



వస్తుంది. అప్పుడు దాని కోసం భారీగా వుండే సంక్లిష్ట వ్యవస్థలని నిర్మించాల్సి వస్తుంది.

అవిచ్ఛిన్న తరంగ వికిరణం ఉండే ఎన్నో రకాల లేజర్లని రూపొందించడం యీ మధ్యనే సాధ్యపడుతోంది.

4. 46

అంతరిక్ష అధ్యయనంలో అణు, పారామాగ్నెటిక్ ఆంప్లిఫైయర్లు ఎంతో ఉపయోగపడుతున్నాయి. ఎన్నో విషయాల్లో అవి పనిచేసే విధానం లేజర్లు పనిచేసే విధానాన్ని పోలివుంటుంది. సరిగ్గా లేజర్‌లో లాగానే ఏదైనా పదార్థపు అణువులని ఒక బాహ్య శక్తి సహాయంతో ఉత్తేజపరుస్తారు. అప్పుడవి "ఒక మెట్టు పైకి (E_3-E_1)" వెళ్తాయి (4. 33).

అదే లేజర్‌లో అయితే, ఉత్తేజితమయిన అణువులు వాటంతటవే కింది స్థాయికి వస్తాయి. అలా వస్తూ ఫోటాన్‌లని వికిరణం చేస్తాయి. ఆంప్లిఫైయర్‌లో (అణు లేక పారామాగ్నెటిక్) ఆ ఫలితం పొందడానికి మరొక కొత్త స్పందనం కావలసి ఉంటుంది. ఆంప్లిఫై చెయ్యాల్సిన సంకేతమే అటువంటి స్పందనాన్ని కల్పిస్తుంది.

ఆంప్లిఫై అయిన సంకేతపు పౌనఃపున్యం, స్పందనం ప్రభావానికి పదార్థపు అణువు ఏ "మెట్టు" (E_3-E_2) నుంచి అయితే "పడుతుందో" దాని పరిమాణానికి సమానమవాలి. అప్పుడు ఆంప్లిఫైయర్ డోలన వలయం (అంటే అణువు), ఆంప్లిఫై అయిన సంకేతంతో అనువాదంలో ఉండేట్లు శృతిచేయబడిందన్నమాట.

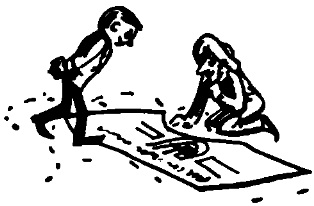
అణు, పారామాగ్నెటిక్ ఆంప్లిఫైయర్లు రెండింటిలోనూ మాధ్యమాన్ని (స్ఫటికం, ద్రావణం, వాయువు) విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాల ప్రభావంతో ఉత్తేజిత స్థితిలోకి తీసుకువస్తారు.

ఆ వ్యత్యాసాలు రావడానికి కారణం, విభిన్న భౌతిక ప్రక్రియలు ఉత్తేజాన్ని కంట్రోలు చేయడమే. అణు ఆంప్లిఫైయర్లలో ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉత్తేజితమయి ఒక కక్ష్య నుంచి ఇంకో కక్ష్యకి మారితే పారామాగ్నెటిక్ ఆంప్లిఫైయర్లలో ఉత్తేజితమయే ఎలక్ట్రాన్‌లు వాటి కక్ష్యల్లోనే వుండిపోతాయి. అయితే ఉద్యోతిత (ఇర్రాడియేటెడ్) పారామాగ్నెటిక్ పదార్థపు అణువుల అయస్కాంత స్థితి మారుతుంది.

4. 47

క్వాంటమ్ యాంత్రిక ఆంప్లిఫైయర్లకుండే ప్రధానమైన సౌకర్యమేమిటంటే, వాటిలో అంతర్ (స్వభావజ) ఘోష ఉండదు. అదే వాల్వు ఆంప్లిఫైయర్లలో ఎలక్ట్రా

న్ల ఉష్ణీయగతి మూలంగా అంతర్ ఘోష ఏర్పడుతుంది. దానికి భిన్నంగా పారామాగ్నెటిక్ ఆంప్లిఫికేషన్‌ని అతి తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల్లో – మైనస్ 250 డిగ్రీల సెంటీగ్రేడ్‌లో సాధిస్తారు. అది పరమ శూన్యానికి దాదాపు సమానం. అటువంటి ఉష్ణోగ్రతలో ఉష్ణీయగతి దాదాపు ఆగిపోతుంది. పైగా, ప్రతి ఫోటాన్‌కీ ఎంత తక్కువ శక్తి ఉంటుందంటే, అవి కల్లోల స్థితిలో చలిస్తున్నా వాటంతటవి ఏమాత్రం చప్పు



డుని చేయలేవు. అందుకనే పారామాగ్నెటిక్ ఆంప్లిఫైయర్లు వాల్వ్ ఆంప్లిఫైయర్ల కంటే చప్పుడులో సంకేతం వినపడకుండా పోతుందనే భయం లేకుండా వందల, వేల రెట్ల కొద్దీ సంకేతాన్ని ఆంప్లిఫై చేయగలవు. అదే ఆధునిక గ్రాహకం 10^{14} రెట్లు (ఒక వంద ట్రిలియన్ల రెట్లు) ఆంప్లిఫై చేయగలదు. క్వాంటమ్ యాంత్రిక ఆంప్లిఫైయర్ వున్న గ్రాహకం సంకేతాలని ఇంకా కొన్నివేల రెట్లు ఎక్కువగా ఆంప్లిఫై చేయగలదు.

విశ్వం పిలుస్తోంది!

గత కొద్ది సంవత్సరాలుగా ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో నిపుణులని విశ్వానికి సంబంధించిన సమస్యలు ఇంకా ఇంకా ఎక్కువగా ఇబ్బంది పెడుతూ వచ్చాయి.

అదెంతో సహజం కూడాను. ఎందుకంటే విజ్ఞానశాస్త్రం, ఇంజనీరింగులకి చెందిన ఏ రంగం అభివృద్ధి చెందినా దానికి సంబంధించిన అన్ని విభాగాలకీ ఆ రంగం పెద్ద ఊపునిస్తుంది.

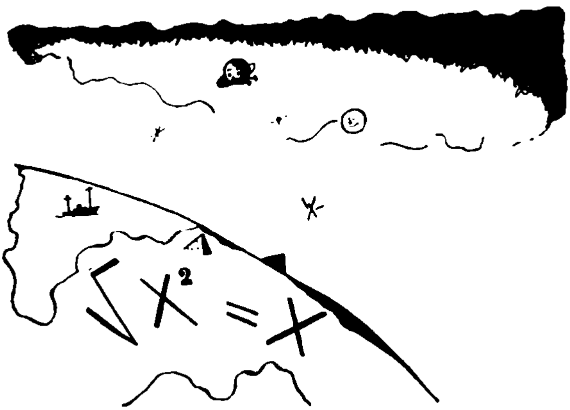
విశ్వాంతరాళ అన్వేషణలో అత్యంత సున్నితమైన గ్రాహకాలు, నమ్మకమైన ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలు అవతరించాయి. అవి అంతరిక్షనౌకని కక్ష్యలో ప్రవేశపెట్టడానికి, దానికీ, భూమికీ మధ్య వార్తాప్రసార సంబంధాలను ఏర్పరచడానికి సహాయపడుతున్నాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్ సహాయంతో ఎంతో విస్తృతమైన అవధి గల – మైక్రాన్ నుంచి కిలోమీటర్ల దాకా తరంగదైర్ఘ్యాలని లొంగదీసుకున్న మానవుడి ముందు ఒక ప్రశ్న

తలెత్తుతుంది: ఇతర ప్రపంచాల్లో వున్న జీవులతో వార్తాప్రసార సంబంధాలను ఏర్పరుచుకోవడంలో ఆ తరంగాలని ఉపయోగించుకోవడం సాధ్యం కాదా? ఎక్కడో అనంతమైన విశ్వాంతరాళంలో మనంత తెలివైన జీవులూ వుండే వుంటాయి! సంకేతాలని ప్రసారం చేయడం, గ్రహించడం వాళ్లకి మనంత బాగానూ తెలిసే వుండుంటుంది!

ఒకవేళ మనకంటే కొన్ని వేల సంవత్సరాలు ఎక్కువ పురోగమించిన ఒక నాగరికత ఏదయినా ఉందనుకుందాం. అటువంటి నాగరికతతో సంబంధం ఏర్పరుచుకోవడం ఎంతో ఆసక్తికరంగా ఉంటుందనడంలో అనుమానం ఏముంటుంది?

భవిష్యత్తులో సమీప గాలక్సీలలోని జీవుల దగ్గరికి వెళ్లిరావడం సాధ్యమవుతుందేమో కూడాను. కాని ప్రస్తుతానికి వాళ్ల దగ్గరనుంచి జవాబుగా ఒక చిన్న సందేశం, ఏదైనా సంకేతం వచ్చినట్లయితే ఎంత బాగుంటుంది. ఉదాహరణకి, ''మీరు జీవిస్తున్నారని, మాతో స్నేహం చేయాలనుకుంటున్నారని మాకు తెలుసు'' అన్న సందేశమేదైనా వస్తే ఎంత బాగుంటుంది.



ఎలక్ట్రానిక్స్ ఆవిర్భవించడానికి చాలా ముందే ఆ కల ఉండేది. ఆరోజుల్లో ఎన్నో వార్తాప్రసార సంబంధాల పద్ధతుల గురించి చర్చించేవారు. అంగారకుడి మీద కాంతి చుక్క పడేలా చేసే బ్రహ్మాండమైన దర్పణాన్ని నిర్మించాలని కొందరనుకున్నారు. ఆ ఊహ తట్టిన వారు, ఆ దర్పణాన్ని ఉపయోగిస్తూ కాల్చిన గుర్తులతో అంగారకుడి మీద ఏదైనా గణిత సంకేతాన్ని గీయాలని అనుకున్నారు. అలాగే ఇతర పథకాలూ లేక పోలేదు. ఉదాహరణకి, భూమి మీద బ్రహ్మాండమైన గుర్తునేదైనా వెయ్యాలని సూచించారు. అలా చేయడానికి సైబీరియా ఎంతో అనుకూలంగా వుంటుందని గణిత శాస్త్ర

జ్ఞుడు గాస్ భావించాడు. సైబీరియాలోని ఆకుపచ్చ తైగా మైదానం మీద పసుపు పచ్చ గోధుమని పెంచి దానితో గుర్తుని వేస్తే అది బాగా కన్పిస్తుందని ఆయన సూచించాడు. మరికొందరు ఆ గుర్తుని సహారా ఎడారిలో వేస్తే బాగుంటుందని భావించారు.

అయితే ఆ పథకాల్లో ఏదీ ఆచరణలోకి రాలేదు. రేడియో అవతరణతో పాత కల తిరిగి జీవంపోసుకుంది. విశ్వంలోని జీవుల దగ్గర్నుంచి ప్రస్తుతం ఎదురుచూస్తున్నది రేడియో సందేశాలు. ఇంతలో...

గొప్ప సంచలనం! విశ్వం నుంచి సంకేతాలు! అమెరికన్ ఇంజనీరు కార్ల్ యాన్స్కీ గ్రహించిన సందేశాలు సరిగ్గా ప్రతి 23 గంటల 56 నిముషాలకి పునరావృతమవుతున్నాయి!

అంతర్‌గ్రహ వార్తాప్రసార సంబంధాలను ఏర్పరుచుకోవాలని ఎంతో కుతూహలంతో ఎదురుచూస్తున్న ఆ పరిశోధకులకి ఒక నిరాశ ఎదురైంది. ఇంతాచేస్తే ఆ సంకేతాలని పంపేది జీవులు కాదని తేలింది. చంద్రుడు, సూర్యుడు, బుధుడు (మెర్క్యూరీ) బృహస్పతి (జూపిటర్), శని (శాటర్న్) గ్రహాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాల్ని వికిరణం చేస్తాయి. మనకి వేల మిలియన్ల కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో వున్న సహజమైన "రేడియో కేంద్రాలు" పంపే వికిరణాలనే మనం గ్రహించింది.

విశ్వాంతరాళాల్లోని జీవులతో సంబంధాలను ఏర్పరుచుకోవాలనే కోరిక మాత్రం తీరలేదు. అయితే ఇప్పుడు ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని ఉపయోగించే కొత్త విభాగం – రేడియో ఖగోళశాస్త్రం అవతరించింది.

భూమి పిలుస్తోంది! మీకు బాగా వినిపిస్తోందా?

మేధస్సులో మనిషికి సరితూగే ఆ సోదరులు మనకి సందేశాన్ని పంపడానికి తొందరపడకపోతే, మన గురించి మనమే వాళ్ళకి తెలియజేయాలేమో?

1960వ సంవత్సరంలో 21 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం గల సంకేతాన్ని ఒకదాన్ని అమెరికా నుంచి పంపారు. 100 ట్రిలియన్ కిలోమీటర్లు ప్రయాణంచేసి ఆ సంకేతం 11 ఏళ్లలో సెటస్, ఎరిడేనస్ నక్షత్ర సముదాయాల వ్యవస్థలని చేరాలి. ఆ వ్యవస్థలోని జీవుల్లో ఎవరైనా ఆ సంకేతాన్ని గ్రహించి మనతో సంబంధాలను ఏర్పరుచుకోవాలనుకుంటే మనకి జవాబు 1982లో వచ్చుండాలి. విశ్వంలోని ఆ జీవులతో చిన్న "సంభాషణ"కి కూడా ఎంతో కాలం పడుతుందని మీరు గ్రహించవచ్చు: 22 ఏళ్లలో ఒక్క ప్రశ్న, ఒక్క జవాబూ మాత్రమే!

అటువంటి సంభాషణని మొదలుపెట్టడానికి ఎటువంటి అవకాశాలున్నాయి? ఆలోచనా శక్తి గల జీవులుంటే, వారికి సున్నితమైన గ్రాహకాలుంటాయా? ఉంటే అవి మన తరంగదైర్ఘ్యానికి శ్రుతిచేయబడి ఉంటాయా?

భవిష్యత్తు గురించి జోస్యం చెప్పడం కష్టం. కాని 21 సెంటీమీటర్ల తరంగ దైర్ఘ్యాన్ని ఎన్నుకోడంలో శాస్త్రజ్ఞులు ఒక నిర్దిష్ట లక్ష్యాన్ని ముందుంచుకున్నారు. అదేమిటంటే, హైడ్రోజన్ పరమాణువులు ప్రసారం చేసే సంకేతాల తరంగదైర్ఘ్యం సరిగ్గా అదే! హైడ్రోజన్ పరమాణువులోని కణాలు వాటి అయస్కాంత భ్రామకాన్ని మార్చుకున్న ప్రతిసారి అది జరుగుతుంది. ప్రతి పరమాణువులోనూ ఆ విషయం సగటున 11 మిలియన్ల సంవత్సరాలకి ఒకసారి పునరావృతమవుతుంది. అయితే విశ్వంలో విస్తరించి వున్న హైడ్రోజన్ ఎంత ఎక్కువగా వుందంటే, అరుదైన పై విషయం అనుక్షణమూ విశ్వంలో ఎక్కడో ఒకచోట చోటు చేసుకుంటూనే వుంటుంది. కాబట్టి విశ్వంలోని ఏదో ఒక చోటనుంచి 21 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం గల సంకేతాలు అవిచ్ఛిన్నంగా వస్తూనే ఉంటాయి.

అంతర్ నక్షత్ర అంతరాళం అంతటిలో హైడ్రోజన్ వుంది. హైడ్రోజన్ పరమాణువుల సంకేతాలని గ్రహించేటప్పుడు ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులు మన చుట్టూ ఏం జరుగుతోందో ఒక కన్నేసి గమనిస్తూనే వుంటారు. ప్రధానంగా, రెండు బ్రహ్మాండమైన గాలక్సీల మధ్య జరిగిన ఘోర ప్రమాదాన్ని వారు పరిశీలించగలిగారు. అది "ప్రతి ప్రపంచాలు" ఢీకొనడం మూలంగా జరిగి వుండవచ్చునే అభిప్రాయానికి వచ్చారు.

అంతా బాగానే వుంది కాని, దీనికీ మన నాగరికతకీ మధ్య సంబంధం ఏమిటని? సరిగ్గా ఆ తరంగదైర్ఘ్యం దగ్గరే ఆ నాగరికతలు మనల్ని వింటాయని శాస్త్రజ్ఞులు ఎందుకు నిర్ణయించారు?

వాళ్ళు ఇలా ఆలోచించారు: మన నాగరికతతో సమానంగా ఉన్నదీ, లేకపోతే మనల్ని దాటి ముందుకువెళ్ళినదీ అయిన నాగరికత అంటూ ఉంటే, అది విశ్వం మీద ఆసక్తి కనబరచి తీరాలి. అప్పుడది 21 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యం గల హైడ్రోజన్ సంకేతాలని గ్రహించి తీరాలి. అంటే వాళ్ళు తమ గ్రాహకాలని ఆ తరంగదైర్ఘ్యానికి శ్రుతిచేసి వుండాలి. మాడ్యులేషన్ సహాయంతో సంకేతానికి కావల్సిన "ఛాయ" ని ఇస్తే చాలు, దాన్ని తేలిగ్గా గుర్తించవచ్చు. "ఆ జీవులు" పిలుపుని పసికడతారు. అలాగే జవాబివ్వడం ప్రారంభిస్తారు.

అయితే ఆ జోస్యాలని రుజువు చేయవచ్చా? చూద్దాం, ఏమవుతుందో! ఎదురుచూడాల్సిన కాలం ఇంక ఎన్నో ఏళ్ళు లేదు.

ఖగోళశాస్త్రపు పునర్దృష్టి

ఆటగాళ్ల జీవితంలో కొన్ని క్షణాల్లో వాళ్ల శక్తి అంతా ఉడిగిపోయినట్లు అనిపిస్తుంది. ఒక్కసారి మళ్లీ వాళ్ల శక్తి తిరిగి బలం పుంజుకుంటుంది. దీన్నే రెండో ఊపు అనవచ్చు.

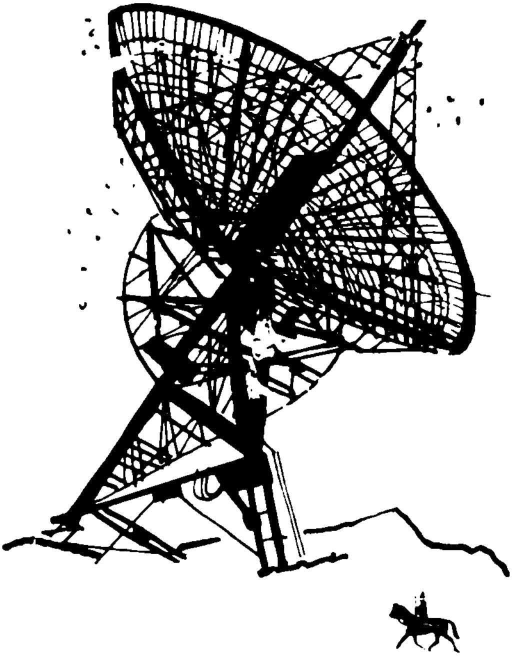
ఖగోళశాస్త్రంలో కూడా సరిగ్గా అలాగే జరిగింది. దృశ్య టెలిస్కోపుల సహాయంతో చూడగలిగినదంతా క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేయబడింది. విశ్వాంతరాళంలోని లోతుల్లో దాగి వున్న అసంఖ్యాకమైన నిగూఢ రహస్యాలు మనిషిని ఎంతో ఆకర్షించాయి. అయితే చేయగలిగినదేముంది. టెలిస్కోపులతో చూడగలిగినంత మేరకూ మనిషి చూసేశాడు. ఆపైన వాటితో చూడటం సాధ్యంకాదు. సరిగ్గా అప్పుడే ఖగోళశాస్త్రానికి రెండో ఊపు, లేక ఇంకా దూరదృష్టి అనేది ఏర్పడింది.

రేడియో టెలిస్కోపు దృశ్య టెలిస్కోపు సహాయానికి వచ్చింది.

వేర్వేరు పౌనఃపున్యాల వికిరణాలతో విశ్వం నిండివుందని తేలింది. అసంఖ్యాకమైన సహజ రేడియో స్టేషన్లు ఆ సంకేతాలని ప్రసారంచేస్తూ వుంటాయి. 8 మిల్లీ మీటర్ల నుంచి 12 మీటర్ల పొడవుండే తరంగాల్ని సూర్యుడు విశ్వంలోకి ఉద్గారంచేస్తూ వుంటాడు. మన చంద్రుడు 1.25 సెంటీమీటరు తరంగదైర్ఘ్యం మీద "పని చేస్తూ" వుంటాడు. బ్రహ్మాండమైన హైడ్రోజన్ నిల్వలు 21 సెంటీమీటర్ల తరంగ దైర్ఘ్యం వున్న సంకేతాలని అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రసారంచేస్తుంటాయి. ఒక సెంటీమీటరు నుంచి కొన్ని మీటర్ల దాకా పొడవుండే తరంగాలన్నీ భూవాతావరణంలోనుంచి ప్రసరిస్తాయి.

100 మీటర్ల దాకా వ్యాసం కలిగి వుండే రేడియో టెలిస్కోపు అన్టెనాల బ్రహ్మాండమైన దర్పణాలు నిరంతరాయంగా చుట్టూ ఏం జరుగుతోందో గమనిస్తూ విశ్వాన్ని శోధిస్తూంటాయి. ఆ దర్పణాల ఆకారం చాలా మందికి వింతగా వున్నట్లు అనిపించవచ్చు. పూర్తిగా చిల్లులతో ఏర్పడినప్పుడు, ఇంక అదేమి దర్పణం అనుకోవచ్చు. ఆ దర్పణాలని తేలిగ్గా వుండేలా తయారుచేయడానికి వాటిని జాలకాలతో తయారుచేస్తారు. మరలాంటప్పుడు గ్రహించబడిన సంకేతాలు జాలకాల ఖాళీల్లో నుంచి జారిపోవా?

మీరూ, నేనూ దృశ్య తరంగాలని పరావర్తనం చేయడానికి ఉద్దేశించబడిన మామూలు దర్పణాలని వాడటానికి అలవాటుపడి వున్నాం. రేడియో టెలిస్కోపుల అన్టెనాలు పట్టుకొనే తరంగాలు కొన్ని వందల వేల రెట్లు పొడుగ్గా వుంటాయి. దర్పణంలో చిల్లుల పరిమాణం తరంగాల పొడవుకంటే తక్కువ కాబట్టి, మైక్రాన్‌లో అనేక వంతులు మాత్రమే పొడవుండే దృశ్య తరంగాలకి మామూలు అద్దం ఎంత మన్న



గానూ, సమానంగానూ వుంటుందో, పై తరంగాలకి ఆ దర్పణాలూ అంతే నున్నగానూ, సమానంగానూ ఉంటాయి.

తనవైపు వస్తున్న తరంగాలని దర్పణం పరావర్తనం చేసి వాటిని ఆన్టెనా మీదకి కేంద్రీకరిస్తుంది. అటువంటి వ్యవస్థల సహాయంతోనే కాంతి భూమిని చేరడానికి 6 మిలియార్డుల సంవత్సరాలు పట్టే దూరంలో వున్న అజ్ఞాత గాలక్సీల నెన్నో కనుక్కోవడం సాధ్యమయింది!

రేడియో ఖగోళశాస్త్రానికి ఒక్క దూరదృష్టే కాదు, దాగివున్న అజ్ఞాత విషయాలని కూడా చూసే శక్తి వుంది.

విశ్వంలో అంతరిక్ష ధూళి పొరతో కప్పబడి వుండే భాగాలు ఎన్నో వున్నాయి. కాంతి కిరణాలు ఆ పొరగుండా చొచ్చుకొని పోలేవు. కాని విద్యుదయస్కాంత తరంగాలకి ఆ తెర పారదర్శకమైంది.

మన గాలక్సీ మధ్య భాగంలో అంతకు ముందు తెలియని నక్షత్రాల గుత్తులు కనుగొనబడ్డాయి. అసలు గాలక్సీయే సర్పిలాకారంలాంటి ఆకారాన్ని కలిగివుందని తేలింది. ఇదంతా రేడియో టెలిస్కోపుల పుణ్యమా అనే. ప్రయోగికంగా గాలక్సీ ఆకారాన్ని నిరూపించక పూర్వమే, సైద్ధాంతికంగా సరిగ్గా అటువంటి నిర్మాణాన్నే ఊహించారు.

రేడియో ఖగోళశాస్త్ర అభివృద్ధిలో క్వాంటమ్ యాంత్రిక ఆంప్లిఫైయర్లు (అణు, పారామాగ్నెటిక్ – 4. 45, 4. 46) ఎంతో గొప్ప పాత్రని వహించాయి. అవి విశ్వాంతరాళాల లోతుల్లో నుంచి వచ్చే అతి బలహీన సంకేతాలని గ్రహించడం సాధ్యపడేలా చేశాయి. సరిగ్గా అటువంటి లక్ష్యాలకే అవి బాగా పనికివచ్చేవి కూడానూ. ఎందుకంటే సాధారణ రేడియో ప్రసారాల సంబంధాలకి అంత మంచి సాధనాలు అవసరం లేదు.

ఇది కొంచెం విడ్డూరంగా ఉండవచ్చు. అయితేనేం, నిపుణులు చివరికి వచ్చిన నిర్ణయం అది. ఆ ఆంప్లిఫైయర్లు ఎంత సున్నితమైనవంటే, చివరికి ఉష్ణీయ (పరారుణ) తరంగాలని వికిరణం చేసే ఏ వస్తువైనా సరే వాటిమీద చెప్పుకోదగిన ప్రభావాన్ని కలిగించేది. గ్రాహకపు అన్వేషణాలు ఎప్పుడైతే శీతల విశ్వంలోకి తొంగిచూస్తాయో అప్పుడే వాటి ఆంప్లిఫికేషన్‌ని ప్రభావాత్మకంగా ఉపయోగించుకోవచ్చు.

అమెరికాలోని శాన్ ఫెర్నాన్డో నగరంలో మామూలు టెలిస్కోపులకి కనిపించని, నశించిన నక్షత్రాలని పరిశీలించడానికి ఒక రేడియో టెలిస్కోపుని నిర్మించారు. అదెంత సున్నితమైందంటే దగ్గర్లో ఎగురుతున్న కీటకాలని కూడా అది గమనించసాగింది. వాటి చిన్న దేహాలు వికిరణం చేసే ఉష్ణాన్ని కూడా అది గుర్తించింది. 15 మీటర్ల దూరంలో ఎవరైనా సిగరెట్టు వెలిగిస్తే చాలు, పరికరం సంగ్రాహకంలో తేడా వచ్చేసేది.

తమ స్వంత సంకేతాలని పంపని అంతరిక్ష దేహాలని పరావర్తన తరంగాల సహాయంతో శోధించవచ్చు. లక్ష్యాలు ఎంతో దూరాల్లో వుండి ఎంతో అసాధారణమైన స్వభావాన్ని కలిగి వున్నా రాడార్ ఆ సమస్యా పరిష్కారాన్ని సాధించగలదని తేలింది. ప్రత్యేకమైన కేంద్రాలని రూపొందించాల్సిన అవసరం కలిగింది. సంకేతాలని దీర్ఘకాల వ్యవధుల్లో ప్రసారంచేస్తూ, వాటినింకా శక్తివంతం చేయాల్సి వచ్చింది. అటువంటి సంకేతాలు, చంద్రుడు, శుక్రుడుల సంఘటనని కచ్చితంగా తెలుసుకోవడంలోనూ, అలాగే అవెంత దూరాల్లో వున్నాయో కనుగొనడంలోనూ (అసలు రాడార్ ఉన్నదే అందుకు) సహాయపడ్డాయి. అతీతమైన దూరాల్లో వున్న దేహాలని కొన్ని కిలోమీటర్ల కచ్చితత్వంతో కనుగొనడానికి రాడార్ ఉపయోగపడుతుంది. చంద్రుడిని రాడార్ ద్వారా పరిశోధించడానికి క్రిమియా ఖగోళ భౌతికశాస్త్ర అబ్జర్వేటరీలో ఒక ప్రత్యేకమైన లేజర్‌ని లెబెదెవ్ భౌతికశాస్త్ర విద్యాలయం రూపొందించింది.

ఉల్కల తోకమీద

ఎలక్ట్రానిక్స్, ఖగోళశాస్త్రానికి సహాయంచేసింది. అలాగే ఖగోళశాస్త్రమూ బాకీ ఉంచుకోలేదు. ప్రధానంగా, సూర్యుడూ, ఇతర ఖగోళ దేహాల స్థితి మీద ఆధారపడి

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వాతావరణం గుండా ప్రసరించే పరిస్థితులని పరిశోధించడంలో అది సహాయపడింది. అనంతమైన దూరాలతో నమ్మకమైన వార్తాసంబంధాలని ఏర్పరచుకోవడానికి సంబంధించి ఖగోళశాస్త్రం కొన్ని సూచనలని చేసింది. బాహ్య అంతరిక్షం భూమిని నిర్విరామంగా ఉల్కా కణాల తుఫాను ధాటికి గురిచేస్తుందని రుజువుచేశారు. వాతావరణాన్ని ప్రవేశించగానే ఆ కణాలు వెంటనే మండిపోతాయి. అయితే కొంతసేపు అవి అయనీకృతమైన జాడని మిగులుస్తాయి. ఉల్కా చివరికి గ్రాములో లక్షోవంతు బరువున్నా సరే దాని జాడ రేడియో తరంగాల్ని పరావర్తనం చేయడానికి సరిపడ సాంద్రతని కలిగివుంటుంది.



ఆ జాడల నుంచి పరావర్తనం అయిన రేడియో తరంగాల్ని గ్రహించడం సాధ్యం కాదా? అటువంటి వార్తాప్రసారం అవిచ్ఛిన్నంగా వుంటుందా, లేక ఇంకో ఉల్కా ''తోకని'' పట్టుకునే దాకా వేచివుండాలా?

ఉల్కాపాతం నిర్విరామంగా జరుగుతూంటుంది. ప్రతిరోజూ, గ్రాములో లక్షోవంతు బరువుండే సుమారు 10 మిలియార్డుల ఉల్కలు వాతావరణంలో మండిపోతూంటాయి.

అయితే అంతరిక్షం నుంచి వచ్చే ఈ ''దూత'' లన్నీ వార్తా సంబంధాలకి పనికిరావు. ఎందుకంటే అవి ఏ దిశలో పడితే ఆ దిశలో ఎగురుతూంటాయి. వాటి మార్గాల మీద ఆధారపడి వాటి తోకల భంగిమ ఉంటుంది. గ్రాహక కేంద్ర దిశలో తరంగాల్ని పరావర్తనం చేసే తోక కోసం ఎదురుచూడాల్సి వస్తుంది.

పరిస్థితులు అనుకూలంగా లేనప్పుడు సుదూర వార్తా సంబంధాల కేంద్రం ఆటోమేటిక్‌గా అయస్కాంత టేపు మీద సందేశాలను నమోదు చేస్తుంది, వాతావరణం

ఏ స్థితిలో వుందో గమనిస్తుంది, వార్తా సంబంధాలకి అనువైన జాడ ఆకాశంలో అవతరించేదాకా ఎదురుచూస్తుంది. అది అవతరించగానే కేంద్రం పోగుచేసిన సందేశాలన్నింటినీ తొందర తొందరగా ప్రసారం చేసేస్తుంది. సాధారణ రేడియో కేంద్రం నిమిషానికి 100 పదాలు ప్రసారం చేస్తే, పై కేంద్రం అదే కాలంలో సుమారు 1500 పదాలని ప్రసారం చేస్తుంది. అటువంటి వేగం మూలంగా సరైన ఉల్కాల తోకలు ఆకాశంలో లేనప్పుడు కేంద్రంలో పోగయిన సందేశాలన్నింటినీ అతి స్వల్ప కాలంలో ప్రసారం చేయడం సాధ్యమవుతుంది.

టెలివిజన్ పరిమితి అవతల

భూమికి సంబంధించిన ఎన్నో సమస్యల పరిష్కారంలో ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి అంతరిక్షం సహాయం చేయగలదని మనం ఇంతకుముందే గమనించాం. వాటిలో ఒకటి సుదూర ప్రాంతాలకి టెలివిజన్ ప్రసారం చేయడం. టెలివిజన్ సంకేతాలని గ్రహించడంలో క్షితిజ రేఖ ఒక అవధిగా ఉంటోంది. క్షితిజం ఒక అవరోధంగా ఉంటోంది. ఆ రేఖని దాటి అడుగు వేయడం ఎలా?

రిలే చేయడం ఎంతో నమ్మకమైన పద్ధతి. ఒకదానికొకటి కనిపించేంత దూరంలో సంకేతాన్ని గ్రహించి దాన్ని తిరిగి ప్రసారం చేసే రిలే కేంద్రాలను నిర్మిస్తారు.

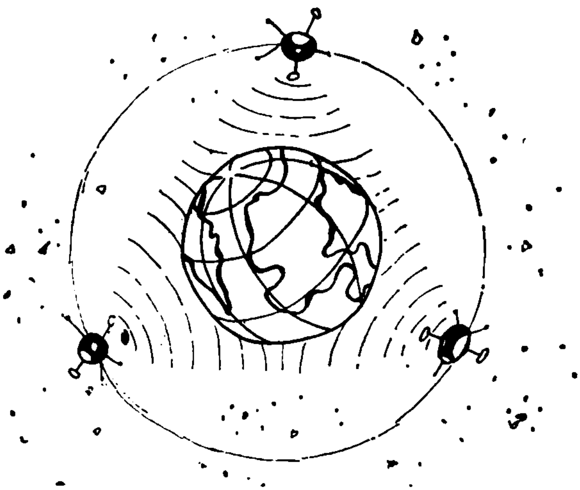
అదెంతో ఖర్చుతో కూడుకున్న వ్యవహారమనే విషయం వేరే చెప్పనక్కరలేదు. ప్రతి 100 కిలో మీటర్లకీ ఒక రిలే కేంద్రం. అలా 10 000 కిలోమీటర్ల దూరంలో ఒక వంద కేంద్రాలు. భూమి మీద అయితే ఇదంతా బాగానే ఉంటుంది, కాని దారిలో సముద్రం ఉంటే అప్పుడేం చేయాలి?

సంకేతాన్ని కేబుల్ ద్వారా పంపవచ్చు. కాని కేబుల్‌లో సంకేతం తన శక్తిని తొందరగా కోల్పోతుంది. దారంతటా ఆంప్లిఫైయర్లని ఉంచాల్సి వస్తుంది. రిలే కేంద్రాలని ప్రతి 100 కిలోమీటర్లకీ నిర్మిస్తే, కేబుల్ లైనులలో ఆంప్లిఫైయర్లని ప్రతి 25–30 కిలోమీటర్లకీ ఉంచాల్సివస్తుంది. ఇదంతా మళ్లీ ఎంతో ఖర్చుతో కూడుకున్న పని. అంతేకాకుండా అటువంటి వార్తా సంబంధాల లైను నమ్మకత్వం తక్కువ కూడాను.

వాటి వ్యాప్తిని విస్తరింపజేయడానికి రిలే కేంద్ర అన్టెనాని బాగా ఎత్తులో కట్టవచ్చు. అప్పుడు సమాక్షదర్శనపు దూరం కొంచెం పెరుగుతుంది. అప్పుడు క్షితిజం కూడా వెనక్కి జరుగుతుంది. కేంద్రం ఇంకా ఎక్కువ వైశాల్యంలో రిలే చేయగలుగుతుంది. ఫ్రెంచివారు రిలే చేయడానికి వాళ్లకున్న వాటిలో అతి ఎత్తయిన కట్టడాన్ని — ప్రఖ్యాత ఐఫెల్ టవర్‌ని ఎన్నుకున్నారంటే అది యాదృచ్ఛికం కాదు.

ఇటలీ, స్విట్జర్లాండులు ఆల్ప్స్ పర్వతాల మీదుగా వార్తాప్రసారాలు చేసుకుం

టాయి. రిలే చేసే అన్టెనాలు యుంగ్‌ఫ్రావ్ (4166 మీటర్లు), మాన్ట్ జెనెరోజో (1701 మీటర్లు) శిఖరాల మీదా, షస్సెరల్ నగరం (సముద్ర మట్టానికి అది 1609 మీటర్ల ఎత్తు) లోనూ ఉంచబడ్డాయి.



సుదూర ప్రాంతాలకి టెలివిజన్ ప్రసారాలని పంపే సమస్యని అమెరికనులు ఇంకోలా పరిష్కరించడానికి ప్రయత్నించారు. ప్రత్యేకమైన రాకెట్ల సహాయంతో కృత్రిమ అయనావరణాన్ని సృష్టించారు. 100 కిలోమీటర్ల ఎత్తులో ప్రేలుడు పేర్చి పాటా షియం పరమాణువుల మబ్బుని ఏర్పరిచారు. సూర్యకిరణాల ద్వారా అయనీకృతమైన ఆ మబ్బు టెలివిజన్ సంకేతాలని ఒకటిన్నర నుంచి రెండు గంటల దాకా పరావర్తనం చేసింది. కొన్ని ప్రత్యేకమైన సందర్భాల్లో ఈ పద్ధతి ఎంతో విలుగా వుంటుందనడంలో అనుమానంలేదు. కాని టెలివిజన్ కార్యక్రమాలని రోజూ ప్రసారం చేయడానికి ఆ పద్ధతిని వాడలేం. అంతేకాకుండా సూర్యరశ్మితో మబ్బు అయనీకృతం అవడమనేది కూడా ఎప్పుడూ జరిగేదికాదు. సూర్యుడు అస్తమించగానే వార్తా సంబంధాలు ఆగిపోవాల్సిందే!

అయితే కృత్రిమ ఉపగ్రహాల (శాటెలైట్‌ల) సహాయంతో ఆ సమస్యని పూర్తిగా పరిష్కరించవచ్చు. భూమి చుట్టూ 120 డిగ్రీల దూరంలో వున్న మూడు కృత్రిమ ఉపగ్రహాలలో రిలే కేంద్రాలని ఉంచితే టెలివిజన్ కార్యక్రమాలని ప్రపంచమంతటా ప్రసారం చేయవచ్చు. కక్ష్యని సరిగ్గా ఎంచుకున్నట్లయితే (డిజైను ఎత్తు 35 800 కిలోమీటర్లు) ప్రతి కృత్రిమ ఉపగ్రహమూ భూమధ్యరేఖకి చెందిన ఒక నిర్దిష్ట

బిందువుకి "ముడిపెట్టబడి" ఉంటుంది. అప్పుడు ఉపగ్రహం చేసే భ్రమణాల సంఖ్య భూభ్రమణాల సంఖ్యకి సమానంగా ఉంటుంది.

"ఇంటెర్‌విజన్" కార్యక్రమాలని రిలే చేయడానికి 1963లో అమెరికన్ రాకెట్ "థోర్" కక్ష్యలోకి "సిన్‌కోమ్-2" ప్రవేశపెట్టింది. ఆ ఉపగ్రహం సహాయంతో న్యూజెర్సీలోని లేక్‌హర్‌స్ట్ ఓడరేవు నుంచి, నైజీరియా వైపు వెళ్తూ లాగోస్ ఆఫ్రికన్ ద్వీపాన్ని సమీపిస్తున్న ఓడ "కింగ్స్‌పోర్ట్"కి చిత్రాలని ప్రసారంచేశారు.

"మోల్నియా" సోవియట్ ఉపగ్రహాలు మాస్కో నుంచి టెలివిజన్ ప్రసారాలని దూర ప్రాచ్యానికి రిలే చేయడం సాధ్యమయేలా చేస్తున్నాయి.

సుదూర ప్రాంతాలకి కృత్రిమ ఉపగ్రహాల సహాయంతో టెలివిజన్ కార్యక్రమాలని రిలే చేయడంలో ఎన్నో కొత్త ఇబ్బందులు ఎదురయాయి. ఉదాహరణకి, సాయంకాలం అయిన ప్రాంతం నుంచి ఆ సమయంలో భూమి మీద అర్ధరాత్రి అయిన ఇంకో చోటకి కార్యక్రమాల్ని ప్రసారంచేయడం ఎలా?

కార్యక్రమాలు ముందు అయస్కాంత టేపుల మీద నమోదు చేయబడతాయి. అవి తెల్లారిన తర్వాత ప్రసారం చేయబడతాయి.

కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు ఒక్క టెలివిజన్‌లోనే కాకుండా మామూలు రేడియో వార్తా సంబంధాల్లో కూడా ఉపయోగపడగలవు. సంగతేమిటంటే, 10 నుంచి 2 000 మీటర్ల తరంగాల పరిధి ఏటేటా ఎక్కువ ఇరుకైపోతోంది. దాంతో సహజంగానే రేడియో వార్తా సంబంధాల పరిధిని సెంటీమీటర్ తరంగాల దాకా విస్తృతపరచాలనే కోరిక పుట్టింది. అయితే ఇక్కడ ఒక ఇబ్బంది ఉంది. కొన్ని మీటర్ల కంటే కురచగా వుంటే ఆ తరంగాలని అయనావరణం పరావర్తనం చేయదు. అలాగే క్షితిజం వాటికి "దాటలేని" అవధిగా ఉంటుంది. సరిగ్గా ఇక్కడే కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు సహాయపడతాయి. కృత్రిమ ఉపగ్రహం మీద రిలే కేంద్రాన్ని ఉంచి, సెంటీమీటర్ తరంగాల మీద రేడియో ప్రసారాన్ని అందుకుంటూ దాన్ని ఆ ఉపగ్రహం నుంచి భూమి మీద ఒక సుదూర ప్రాంతానికి ప్రసారం చేయవచ్చు.

సిసఋపుష్యాల మాపకంలో మెట్లు ఎక్కుతూ పైకి ఒక ఎలక్ట్రానిక్సే కాదు వెళ్తున్నది. ఎలక్ట్రానిక్స్‌తో సంబంధం వున్న అన్ని శాఖలూ వెళ్తున్నాయి. సెంటీమీటర్ తరంగాల్ని రేడియో లొంగదీసుకోడం ప్రారంభించింది. అలాగే టెలివిజన్, లేజర్లని ఉపయోగించుకుంటూ మైక్రాన్‌లో కొన్ని పదుల వంతులో ఉండే తరంగాల మీద పనిచేయడానికి ప్రయత్నిస్తోంది.

ప్రకరణం 5
'తెలివైన' యంత్రాలలోని భాగాలు

సాధారణమైన ఎలక్ట్రానిక్ సెల్‌లతో "తెలివైన" యంత్రాల సంశ్లిష్ట వలయాలని ఎలా రూపొందిస్తారో ఈ ప్రకరణం వివరిస్తుంది.

త్రాసు రెండు సిబ్బెలు

ఇదీ మూలాంశం

5. 1

ఎప్పుడైతే అది పుట్టిందో, దాని చిన్నతనం నుంచీ ట్రయోడ్ ఎంతో ప్రసిద్ధి కెక్కిందనే చెప్పాలి. అయితే ఆ రోజుల్లో దాని కీర్తి ఒక్క విషయానికే చెందేది. ''ఎలక్ట్రానిక్-కీ''గా ఉపయోగపడటంలోనే ఉండేది దాని సామర్థ్యం అంతా. మొదట్లో దాన్ని వాల్వు అని పిలవడానికి కూడా మొహమాటపడిన విషయం మీకు గుర్తుండే వుంటుంది. దాన్ని ''నిర్వాత రిలే'' అని పిలిచేవారు. అయితే కాలం గడిచిన కొద్దీ ట్రయోడ్ ఉపయోగాలు ఎన్నో ఉన్నాయని అర్థమయింది. అది తర్వాత ఆంప్లిఫైయర్ అయింది, డోలకం అయింది, మాడ్యులేటర్ అయింది, శోధకం (డిటెక్టర్) అయింది, మిక్సర్ అయింది—ఇన్ని మాటలెందుకు, రేడియో వార్తా సంబంధాలు బాధ్యత వహించిన అన్ని రకాల కార్యాలనీ (ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్య వ్యాప్తిలో) అది సాధించగలిగింది.

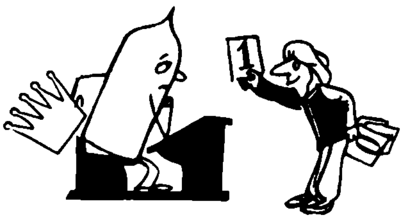


''స్పందన టెక్నిక్''ం ఆవిర్భావంతో ''ట్రయోడ్-కీ''లకి తిరిగి పనిచెప్పాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. ప్రస్తుతం అన్ని రాడార్ వలయాల్లోనూ ట్రయోడ్లుంటాయి. అలాగే ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లలో లక్షల కొద్దీ ''ట్రయోడ్-కీ''లు ఉంటాయి.

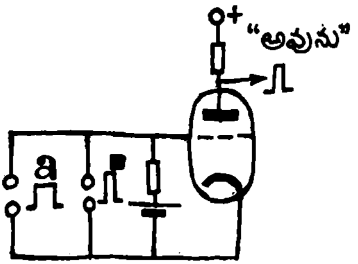
5. 2

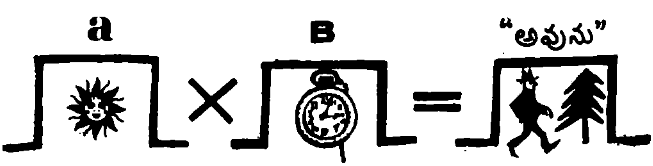
''తెలివైన'' యంత్రాలు ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ నుంచి వచ్చినవేనని అందరికీ తెలుసు. అందుకనే దానికీ ''తెలివైన'' 'కీ'లు కావాలి. కాబట్టి ముందుకువెళ్తున్న కాలానికి వెనకబడకుండా ఉండాలంటే ట్రయోడ్‌కి నేర్చుకోవాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. అప్పుడది తర్కాన్నీ, యుగ్మ (బైనరీ) సంఖ్యా వ్యవస్థనీ క్షుణ్ణంగా తెలుసుకుంది.

ట్రయోడ్‌కి ఉండే తర్కం, తేలిగ్గావుంటుంది. సంవాహకత ఉందా, లేదా (కట్ ఆఫ్) అన్న రెండు విషయాలు అందులో ఇమిడివుంటాయి. మొదటి సందర్భంలో ''అవుననీ,'' రెండో సందర్భంలో ''లేదనీ'' జవాబు ఉంటుంది.



ఉదాహరణకి, ట్రయోడ్‌ని కట్ ఆఫ్ చేద్దాం. అప్పుడు రెండు స్పందనాలు (*A*, *B*) ఏకకాలంలో దానికి (దాని గ్రిడ్‌కి) ఆపాదించబడతాయి. అప్పుడది తెరుచుకుని ''అవును'' అన్న జవాబునిస్తుంది. ఆ విధంగా నిజంగావే స్పందవాలు వచ్చినట్లు, అందులోనూ రెండూ ఒకేసారి వచ్చినట్లు అది రుజావుచేస్తుంది. ఒకవేళ ఏదో ఒకటే





స్పందనం వచ్చివుంటే? అదంతా ఎలక్ట్రానిక్ వలయం మీద ఆధారపడి వుంటుంది. ఈ సందర్భంలో విడివిడిగా ఏ ఒక్క స్పందనమూ ట్రయోడ్‌లో సంవాహకతను ఏర్పరచలేక పోయేటట్లు ఎలక్ట్రానిక్ వలయాన్ని రూపొందిస్తారు. ట్రయోడ్ గ్రిడ్‌కి ఋణాత్మక పొటెన్షల్‌ని ఇవ్వడం ద్వారా దాన్ని సాధిస్తారు

A, *B*ల ఏ సంఘటనలవైనా సరే, దేన్నయినా సరే స్పందనాలు చూపించగలవు. ఉదాహరణకి, వాతావరణం బాగా వున్నట్లయితే (*A*), కొంచెం తీరిక ఉంటే (*B*),

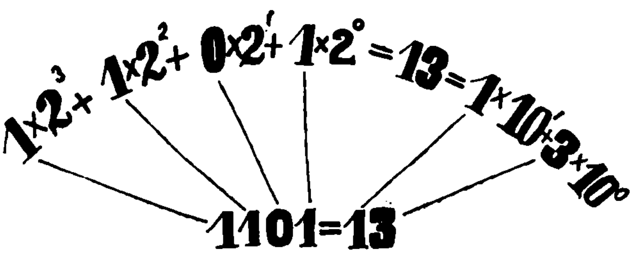
అప్పుడు కాన్సేవు బయట తిరిగిరావచ్చు ("అవును"). పైవాటిలో ఏ షరతైనా ఉల్లంఘించబడితే అప్పుడు బయట తిరగడం కుదరదు ("కాదు").

సాధారణంగా ఆటోమేటిక్ ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల్లో ట్రయోడ్‌లు ఇతర సమస్యలని పరిష్కరిస్తాయి. ఉదాహరణకి, లేథ్ యంత్రం (A) మీద కోయాల్సిన వస్తువుని సరిగ్గా అమర్చామనుకుందాం. దానికి దగ్గరగా సరైన ఆకృతిగల కోతపనిముట్టుని (కట్టర్) తీసుకువద్దాం (B), అప్పుడు లేథ్ యంత్రాన్ని పనిచేయిద్దాం ("అవుమ").

అనేక ట్రయోడ్‌లుండే వలయంతో ఎన్నో విభిన్న పరిస్థితులని ముందుగా ఊహించడం సాధ్యమవుతుంది. అవి సరిపోయిన పక్షంలో ఆఖరి ట్రయోడ్ దగ్గర సాధారణ జవాబు "అవును"ని పొందడం సాధ్యపడుతుంది. ఆ విధంగా అదే "ట్రయోడ్-కీ"ల సహాయంతో ఆటోమేటిక్ సాధనాలు, ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లు పనిచేయడానికి ప్రోగ్రాములని సిద్ధంచేయవచ్చు.

5. 3

లెక్కలు కట్టడానికి (పరికలనానికి) ట్రయోడ్‌ని ఉపయోగించేటప్పుడు దాని "తెరుచుకుని వున్న (సంవాహక) స్థితిని" ఒకటిగానూ, "మూసుకుని వున్న స్థితి"ని సున్నాగానూ తీసుకుంటారు. యుగ్మ సంఖ్యా వ్యవస్థని ఉపయోగించి ఆ ఒకట్ల (బిట్‌ల) నుంచీ, సున్నాల నుంచీ కావల్సిన అన్ని సంఖ్యలని సమకూరుస్తారు. యుగ్మ వ్యవస్థ పనిచేసే పద్ధతి తేలిగ్గానే ఉంటుంది. 10 మూలంగా ఉండే దశాంక వ్యవస్థకి భిన్నంగా, యుగ్మ వ్యవస్థకి 2 మూలంగా ఉంటుంది.



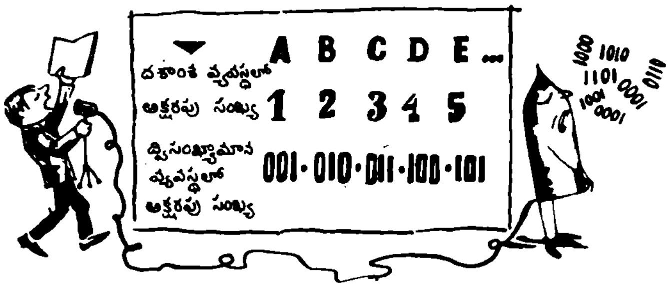
దశాంక వ్యవస్థలో ఏ సంఖ్యనైనా విభిన్న ఘాతాలున్న పదుల మొత్తంగా చూపించవచ్చు. ఉదాహరణకి: $1307=1\times10^3+3\times10^2+0\times10^1+7\times10^0$

అదే సంఖ్యని విభిన్న ఘాతాలున్న రెళ్ల మొత్తంగా కూడా చూపించవచ్చు: $1307=1\times2^{10}+0\times2^9+1\times2^8+0\times2^7+0\times2^6+0\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=10\ 100\ 011\ 011$.

13 ఇలా వుంటుంది: $13=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=1101$.

5. 4

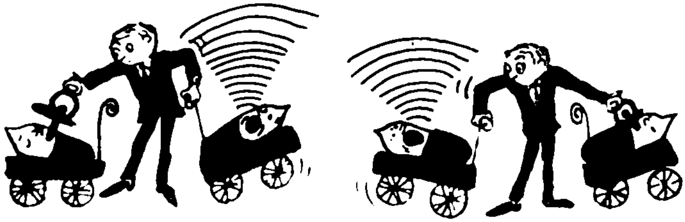
అక్షరమాలలోని అన్ని అక్షరాలకీ యుగ్మ సంఖ్యలని ఇవ్వడం ద్వారా, ఏ సమాచారాన్నయినా ఒకట్లూ, సున్నాల పరంపరగా మార్చేయవచ్చు.

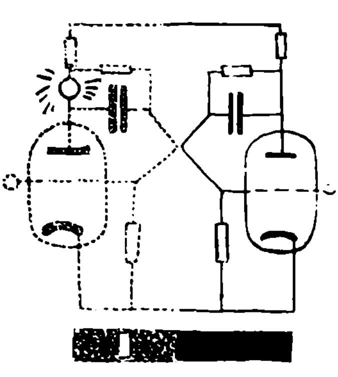


తెరుచుకోవడం, మూసుకోవడం ద్వారా ట్రయోడ్ పుష్కిన్ కవిత్వాన్నో, తుర్గెనెవ్ కథనో తన స్వంత వాల్వు భాషలో చెప్పెయ్యగలదు.

5. 5

రెండు ట్రయోడ్‌లని ఉపయోగించే వలయం యుగ్మ వ్యవస్థకి ఎంతో వీలుగా ఉంటుంది. దాన్నే ఆరంభకం (ట్రిగర్) అంటారు.





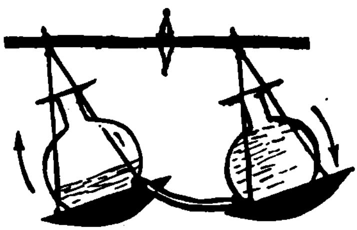
మొదట్లో ఆరంభక వలయాన్ని రాడార్‌లో వాడేవారు. అయితే గత కొద్ది సంవత్స రాలుగా ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ వలయాల్లో బహుళ సంఖ్యలో వీటిని వాడుతున్నారు.

ఆరంభకం రెండింట్లో ఏ స్థితిలోనైనా ఉండవచ్చు. ఎడమ వైపున్న ట్రయోడ్ తెరుచుకుని వుంటే కుడి వైపుది తప్పనిసరిగా మూసుకుని ఉంటుంది. అటువంటి సందర్భంలో ఎడమ వైపు ట్రయోడ్ ఆనోడ్ వలయంలో ఉంచబడిన బల్బు వెలుగు తుంది. అది సంఖ్య "1"ని తెలియజేస్తుంది.

రెండో స్థితిలో కుడి వైపున్న ట్రయోడ్ తెరుచుకుంటుంది, ఎడమ వైపుది మూసుకుపోతుంది. బల్బు వెలగదు. అది "0"ని తెలియజేస్తుంది.

5. 6

ఆరంభకం పనిచేసే తీరు ఒక త్రాసుని పోలి వుంటుంది. ఆ త్రాసు రెండు సిబ్బెంలలోనూ పాత్రలు ఉన్నాయనుకుందాం. ఆ పాత్రల్లో తేలిగ్గా ప్రవహించే ద్రావకం ఉంది, పాత్రలు రెండూ కలపబడి ఉన్నాయి. కుడి సిబ్బెని కిందకి తోస్తే ద్రావకం ఎడమ పాత్రలో నుంచి కుడి పాత్రలోకి ప్రవహిస్తుంది.



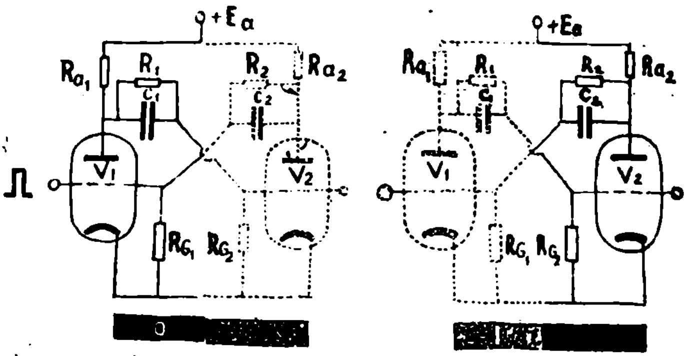
ఆ స్థితి ఎంతో స్థిరంగా వుంటుంది. ఎందుకంటే ద్రావకం బరువంతా త్రాసు కుడి సిబ్బెని నొక్కుతూ ఉంటుంది. త్రాసు ఆ స్థితిని మార్చాలంటే ఎడమ సిబ్బెని కిందకి నొక్కాలి. జడత్వం మూలంగా, ఎడమ సిబ్బె సమతాస్థితిని దాటి వెళ్తుంది. కుడి పాత్రలో నుంచి ద్రావకం ఎడమ పాత్రలోకి ప్రవహించడం మొదలెడుతుంది. ఇప్పుడు ద్రావకం ఎడమ సిబ్బెని నొక్కుతుంది. త్రాసు కొత్త భంగిమ మళ్లీ స్థిరంగానే ఉంటుంది. దాన్ని మర్చాలంటే మళ్లీ ఒక కొత్త "త్రోపు" కావాలి.

5. 7

అలాంటి విషయమే ఇక్కడా ఆరంభకంలో జరుగుతుంది. పాత్రల్లా ఇక్కడ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది. అది ఇంకా చురుగ్గా ప్రవహిస్తుంది. మూసుకున్న వాల్వులో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు. అది ఖాళీ పాత్ర అన్నమాట!

మొదట ఎడమ వాల్వు V_1 మూసుకుని ఉందనుకుందాం. ఆరంభకం "0" స్థితిలో ఉంటుంది. ఏదో క్షణంలో ధనాత్మక స్పందనం V_1 గ్రిడ్‌ని చేరుతుంది. మన త్రాసు నొక్కబడింది. V_1 వాల్వు మూయబడి వుండగా, విద్యుత్తు చుట్టు తిరుగుడు మార్గంలో Ra_1, R_1, Rg_2 నిరోధకాల వలయంగుండా ప్రవహిస్తుంది. ఆ నిరోధకాల వలయాన్నే వోల్టేజి విభాగిని అంటారు. ఆనోడ్ వోల్టేజిలో ఒక నిర్దిష్ట భాగం $(+E_a)$, విభాగిని మూడు భుజాల మీద పడుతుంది.

విభాగిని కింది భుజం Rg_2కి సమాంతరంగా కలపబడిన ఎడమ వాల్వు V_1ని ఒక స్పందనం తెరుచుకునేలా చేస్తుంది. ఆ భుజాన్ని చేరిన ధనాత్మక వోల్టేజి బాగా పడిపోతుంది (దానికి కారణం తెరుచుకుని వున్న వాల్వు V_1 నిరోధకం బాగా తక్కువగా ఉండటమే). వేరేలా చెప్పుకోవాలంటే, గ్రిడ్‌కీ, V_2 వాల్వులోని కేథోడ్‌కీ మధ్య ధనాత్మక వోల్టేజి తగ్గుతుంది. V_2 వాల్వు మూసుకుపోవడం ప్రారంభిస్తుంది. అయితే V_2 వాల్వు రెండో వోల్టేజి విభాగినిలోని $(Ra_2, R_2, Rg_1$ వలయం$)$ Rg_1 భుజంతో సమాంతరంగా కలపబడి ఉండడంతో ఆ భుజం దగ్గర వోల్టేజి పెరుగుతుంది. అందు కనే V_1 వాల్వులోని గ్రిడ్ దగ్గర ధనాత్మక పొటెన్షల్ కూడా పెరిగి వాల్వు ఇంకా బాగా తెరుచుకుంటుంది.



5. 8

వాల్వుల మధ్య ఒక విధమైన పరస్పర సహకారం ఉంటుందని అనుకోవచ్చు: కొత్త స్థితికి రావడంతో అవి ఒకదానికొకటి సహాయం చేసుకుంటాయి. దాని ఫలితంగా ఇప్పుడు ఎడమ వాల్వు తెరుచుకుంటే, కుడిది మూసుకుపోతుంది. కుడి సిబ్బె నుంచి ఎడమ దానికి ద్రావకరం అంతా ప్రవహిస్తుంది. త్రాసు భంగిమ మారుతుంది. మళ్లీ కొత్త "త్రోపు" వచ్చే దాకా అది ఆ స్థితిలోనే ఉంటుంది. ఆ స్థితి సంఖ్య "1"కి సరిపోతుంది.

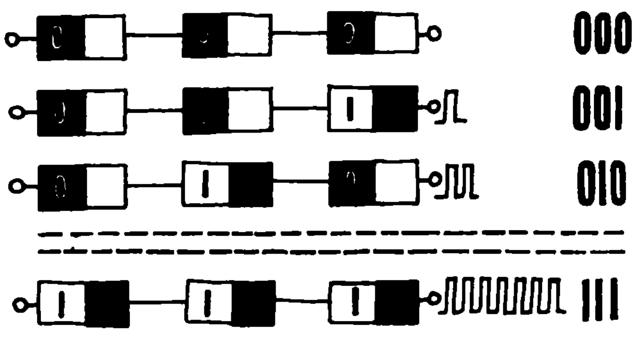
అయితే ఈ సందర్భంలో "త్రాసు సిబ్బె మీద" ప్రభావం చూపెట్టేది "ఎల క్ట్రాన్ ద్రావకం", బరువు కాదనేది వేరే చెప్పుకోనవసరం లేదు (ఎలక్ట్రాన్ బరువు అతి స్వల్పం). ఆ ప్రభావాన్ని కలిగించేది విద్యుత్ ఆవేశాలు. కదులుతూన్నప్పుడు ఎలక్ట్రా నిక్ వాల్వులో ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రవాహంలా ఏర్పడతాయి. విద్యుత్ స్పందనాలు వోల్టేజి స్పందనాలని కలిగిస్తాయి. ఆరంభకం రెండవ అర్ధ భాగపు గ్రిడ్ మీద వోల్టేజి తన ప్రభావం చూపిస్తుంది. ఆవిధంగా త్రాసు భంగిమ మారుతుంది.

5. 9

మూడు ఆరంభకాలని ఒక వరసలో కలుపుదాం. త్రాసు అటూ ఇటూ ఒక సారి ఊగిన తర్వాత, ప్రతీ ఆరంభకమూ త్రాసుని ఊపేలా చేద్దాం. అటువంటి వలయాన్ని లోపలికి వస్తున్న స్పందనాలని లెక్కగట్టడానికి ఉపయోగించవచ్చు. వరుసలో మొదట వున్న ఆరంభకం స్థితిని తొలి స్పందనం మార్చేస్తుంది. రెండో స్పందనం "త్రాసు" వెనకటి భంగిమలోకి వచ్చేలా చేస్తుంది. అదే సమయంలో మొదటి ఆరంభకం నుంచి స్పందనం రెండో "సిబ్బెని" తోస్తుంది.

తర్వాతి స్పందనాల జంట రావడంతో వరుస మొదట్లో వున్న ఆరంభకం మళ్లీ ముందుకీ, వెనక్కీ ఊగి ఆరంభకం 2కి ఇంకో స్పందనాన్ని ప్రసారంచేస్తుంది.

మొదటి ఆరంభకం ప్రతీ స్పందనానికీ ఊగితే, రెండోది స్పందనాల జంటకి ఊగుతుంది. మూడో దానికి 4 స్పందనాలు కావాలి. ఆఖరి ఆరంభకము ముందుకీ, వెనకీ ఊగాలంటే 8 అంటే 2^3 స్పందనాలని కల్పించాలి.



4 ఆరంభకాల వలయం 16 స్పందనాలు వచ్చిన తర్వాత (2^4) తన స్థితిని మార్చుకుంటుంది. ఐదు ఆరంభకాలదయితే 32 (2^5) స్పందనాల తర్వాత స్థితిని మార్చుకుంటుంది. అదే *n* ఆరంభకాలున్న వలయానికి 2^n స్పందనాలు కావాలి.

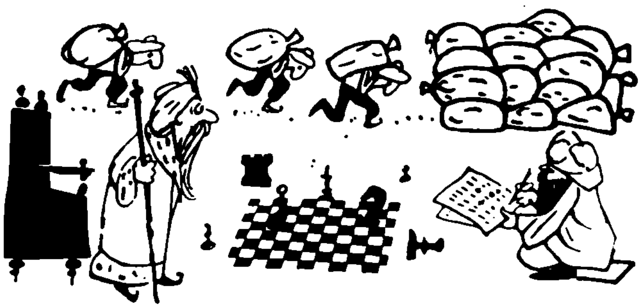
ఒకవేళ మిలియన్లు, మిలియార్డుల సంఖ్యలో స్పందనాలని లెక్కగట్టాలంటే ఆరంభకాలు ఎంతో ఎక్కువ సంఖ్యలో అవసరం కాదా?

5. 10

చదరంగపు ఆటని కనుగొన్నందుకు షేరం ప్రభువు సేటా యోగిని ఏవిధంగా సత్కరించదలిచాడో తెలిపే భారతీయ ఇతిహాసం ఒకటుంది.

ఆ యోగి కోరిక రాజుకు ఎంతో చిన్నదిగా కనిపించింది. ఎందుకంటే, ముందు గడిలో కంటే తర్వాతి గడిలో రెట్టింపు సంఖ్యలో ఉంచుతూ ధాన్యపు గింజలని ఇవ్వమని ఆ యోగి అడిగాడు.

చదరంగపు బల్ల మీద 64 గళ్లుంటాయి. మొదటి గడిలో 2 ధాన్యపు గింజల్నుంచితే చివరి దానిలో 2^{64} గింజలుండాలన్నమాట.



ఇచ్చిన మాటని రాజు నిలబెట్టుకోలేకపోయాడు. ఆఖరి గడిలో ఉంచాల్సిన ధాన్యం గింజల సంఖ్యని లెక్కగట్టేసరికి దాని విలువ 18 క్వింటిలియన్ల, 446 క్వాడ్రిలియన్ల, 744 ట్రిలియన్ల, 73 బిలియన్ల, 709 మిలియన్ల, 551 వేల, 616 గింజలని తేలింది! ఆ ధాన్యాన్నంతా నిలవచేయడానికి భూమి నుంచి సూర్యుడి దాకా ఎగబాకి వుండే ధాన్యాగారాలు రెండు కావాలి.

కాబట్టి, అతి పెద్ద సంఖ్యలని కూడా లెక్కగట్టడానికి కావల్సిన ఆరంభకాల సంఖ్య పెద్దదేమీ కాదని మీకు తేలిగ్గా అర్థమవుతుంది. 64 ఆరంభకాలు 2^{64} స్పందనాలని లెక్కగట్టగలవు. అది నిజంగా బ్రహ్మాండమైన సంఖ్యే.

సైబెర్నెటిక్సు, ఎలక్ట్రానిక్సు

"తెలివైన" యంత్రాలు లేక కంప్యూటర్ల గురించి వినని వాళ్లెవరుంటారు? అటువంటివాళ్లు బహుశా ఎక్కడా లేరనే చెప్పుకోవాలి. విదేశీ భాషల్లోంచి అనువాదం

చేసేవి, సంక్లిష్ట ప్రక్రియలని కంట్రోలు చేసేవి, చివరికి ''విశ్రాంతి సమయంలో'' చదరంగం ఆడేవి, సంగీతాన్ని కూర్చేవి, కవిత్వం రాసేవి, మొదలైన రకరకాల కంప్యూటర్లు ఉన్నాయని అందరికీ తెలుసు.

ఆ పనులన్నింటినీ చేయడం వాటికి నేర్పిందెవరు? ''తెలివైనవి'' ''తెలివిలేనివి'' అలా అన్ని రకాల యంత్రాలని సృష్టించింది మానవుడే. అయితే, ఇప్పుడు యంత్రాలు – ముఖ్యంగా ఉన్నత ఆటోమేటిక్ యంత్రాలు తమ పనులు కొనసాగిస్తూనే, తప్పులని పరిగణనలోకి తీసుకుంటూ, అనుభవం సంపాదించుకుంటూ ''తెలివైన వాటిగానూ,'' ''ఇంకా తెలివైన వాటిగానూ'' రూపొందుతాయి. పైగా, అవెంత తెలివైనవవుతాయంటే వాటిని సృష్టించిన వారికే అవి పాఠాలు చెప్పగలుగుతాయి. అద్భుతమైన యంత్రాలు! బాహ్యప్రపంచం నుంచి అందే సమాచారమే ఆ యంత్రాలకి ముడి పదార్థంగా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల్లో రూపొందిన పరిష్కారమే, తయారైన ఉత్పత్తి పదార్థం.

వాటిని మెచ్చుకోకుండా ఉండలేం. అయితే వాటిని సృష్టించగలిగిన మానవ మేధస్సుని ఇంకా మెచ్చుకోవలసివుంది. మనిషి హేతుజ్ఞానం ప్రకృతి ప్రసాదించిన అతి గొప్ప వరం. ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రసాదించిన అతి గొప్ప వరమే ''ఆలోచించే'' ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాల అవతరణ.

అయితే గొప్పతనం అంతా ఎలక్ట్రానిక్స్‌కే ఇచ్చెయ్యడం న్యాయంకాదు. అన్ని ''తెలివైన'' యంత్రాలూ, ఆటోమేటిక్ యంత్రాలూ 'సైబర్నెటిక్' ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల వర్గానికి చెందడం యాదృచ్ఛికం కాదు. ఇక్కడ గొప్పతనం అంతా సైబర్నెటిక్స్‌కి చెందుతుంది. ఎందుకంటే దాని పద్ధతుల, ఊహల మీద ఆధారపడే ''తెలివైన'' యంత్రాలు రూపొందించబడుతూంటాయి.

ఈ సందర్భంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ వహించే పాత్రకి ప్రాముఖ్యత పెద్ద ఏమీ లేనట్లు మనకి అనిపించవచ్చు. సైబర్నెటిక్స్ ఊహాలని నిజంచేయడంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ మూలంగా ఉందంతే. అయినా కూడా ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రాముఖ్యతని మరుగున పెట్టడానికి ఎవరూ తొందరపడకూడదు. ఎందుకంటే, మూలం లేకపోతే ఊహాలంటూ ఏమీ ఉండవు. అంతే కాకుండా, సైబర్నెటిక్స్‌కి ముందే ఎలక్ట్రానిక్స్ వచ్చింది. ఎలక్ట్రానిక్స్ లేని సైబర్నెటిక్స్‌ని ఊహించనైనా ఊహించలేం. సైబర్నెటిక్స్ ఎంతో తెలివైన కొత్త వలయాలని ప్రతిపాదించింది. అయితే, అదెటువంటి వలయాలని రూపొందించినా, చురుకైనా ఎలక్ట్రాన్ లేకుండా యంత్రం సంఖ్యలతో పందలలోనూ వేలలోనూ క్రియలని ఎన్నటికీ నిర్వర్తించలేదు.

ఆధునిక విజ్ఞానశాస్త్రం, సాంకేతిక శాస్త్రాల్లో కొత్తనైన పై రెండు ధోరణుల

మధ్యా ఒక గీత గీయాల్సిన అవసరం ఏమయినా ఉందా? వాటి మధ్య ఎటువంటి తేడాలూ, వివాదాలూ తలెత్తలేదే? వాటి మధ్యనున్న సృజనాత్మక సహకారం ప్రపంచానికి అద్భుతమైన ఫలాన్ని ఇచ్చింది.

ఇప్పుడు మనం చెప్పుకోబోయేది ఎంతో వింతైన విషయంలా అనిపించవచ్చు: తొలి ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాల అభివృద్ధిలో ఎలక్ట్రానిక్స్ లేశమంతైనా కృషిచేయలేదు. అప్పటి కాలానికి ఎంతో ముందుగానే అంతా సిద్ధంగా ఎలక్ట్రానిక్స్ చేతుల్లో ఉండేది: రాడార్ వలయాల్లో ఉపయోగించే హ్రస్వ స్పందనాలు, లెక్కగట్టిన సమాచారాన్ని నమోదుచేయడానికి (జ్ఞాపకంలో ఉంచడానికి) అయస్కాంత టేపులు, నియంత్రిత వాల్వులు – 'కీలు' ఇవన్నీ మొదటి ట్రయోడ్ల కాలం నుంచీ తెలిసినవే. ఈ రోజున ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి చేయగలిగిన వాటితో పోల్చుకుంటే, పైన చెప్పుకున్నవన్నీ అతి సామాన్యమైన సాధనాలని మాత్రమే గుర్తించాలి.

అప్పటికే మాగ్నెట్రాన్‌లూ, క్లిస్ట్రాన్‌లూ, ఎన్నో అధిక పౌనఃపున్య సాధనాలూ, స్పందన డోలకాలూ, ఎన్నో రకాల వలయాలూ, మొదలైన వాటిని ఎన్నిటినో రూపొందించిన ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి కీ-వలయాల వలన ఏ రకం ఇబ్బంది కలుగుతుంది? ఎంతో వింతగా కనిపించినా, ఎలక్ట్రానిక్స్‌లో ఒక నూతన దశకి – ఉన్నత సమాజానికి తార్కాణాలయిన తొలి ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లు, సాధనాల విషయంలో కంటే రాడార్, టెలివిజన్‌లని సృష్టించడంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎంతో కష్టపడాల్సివచ్చింది.

సైబెర్నెటిక్స్ విషయంలో అంతా తేలిగ్గా జరిగిపోయింది. అప్పటికే వున్న వలయాలని, ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులని ఉపయోగించుకుంటూ వాటిని అది తనకి కావలసిన విధంలో కలుపుకోవడం ప్రారంభించింది. ఆవిధంగా సైబెర్నెటిక్ వలయాలు ఉనికిలోకి వచ్చాయి. అంతకు ముందున్న ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలకి ఇవి పూర్తిగా భిన్నంగా ఉంటాయి. సైబెర్నెటిక్ వలయాలు హేతుబద్ధంగా ఆలోచించగలవు, లెక్కలు వెయ్యగలవు, సూత్రీకరించగలవు, నిర్ధారణలు చేయగలవుూను! అవి స్వతంత్రంగా ఆలోచించగలవు. అదే, ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలు పనిచేయాలంటే ఇంకా ఎవరిదైనా బుర్ర కావాలి. సైబెర్నెటిక్స్ ఆలోచనా తీరు విశిష్టమైనది. ఎటువంటి సంక్లిష్టమైన లెక్కలనయినా లేక హేతుబద్ధమైన ఆలోచన్నయినా అవి "అవును," 'కాదు" లేక "1", "0" అనే రెండు సాధారణ అంశాలుగా విడగొడతాయి. దానికి ఎటువంటి క్లిష్టమైన వాల్వుల అవసరమూ లేదు. మామూలు ట్రయోడ్ కూడా అలాగే పనిచేస్తుంది. అది మూసుకుని ఉన్నప్పుడు దానిలో ఆనోడ్ వలయంలో విద్యుత్ ప్రవహించదు. అప్పుడు ట్రయోడ్ "కాదు" లేక "0" అనే జవాబుని ఇస్తుంది. అదే ట్రయోడ్ గ్రిడ్‌కి స్పందనాన్ని ఆపాదించినప్పుడు అది తెరుచుకుంటుంది. అప్పుడది "అవును" లేక "1" అనే జవా

బుని ఇస్తుంది. ఏ కార్యక్రమాన్ని కూర్చాలన్నా, ఎంత క్లిష్టమైన లెక్కలని వేయాలన్నా, ఏ భావాన్ని వెలిబుచ్చాలన్నా, ఆ జవాబులు సరిపోతాయి.

చిన్నపిల్లలు ఆడే ఆట మీకు గుర్తుందా? వాళ్లలో ఒకడు దాచిన వస్తువుని వెతుకుతూంటాడు. అప్పుడు మిగతా వాళ్లంతా అతనికి "వేడి" లేక "చలి" అని చెప్తూంటారు. "వేడి" లేక "చలి" అనేవి సరిగ్గా "అవును," "కాదు" లేక "1", "0" లాంటి గుర్తులే. ఆ గుర్తుల సహాయంతో కోడ్ం సూచనలని ఉపయోగించుకుని వెతికేవాడు ఎంతో తెలివిగా దాచబడిన వస్తువును కనుక్కుంటాడు. "వెతుకుతూన్న వస్తువు గదిలో మూల, సోఫాకి ఎదురుగా వున్న డ్రాయరులో ఎడమ వరుసలో కింద నుంచి మూడో సొరుగులో ఉంది" అని చెప్తాడు.

అదేవిధంగా, ఎలక్ట్రానిక్ వలయానికి అటువంటి సూచనలనే స్పందనాల పరంపర రూపంలో అందించవచ్చు.

సరళమైన దాన్నుంచి సంశ్లిష్టమైనది పుడుతుంది

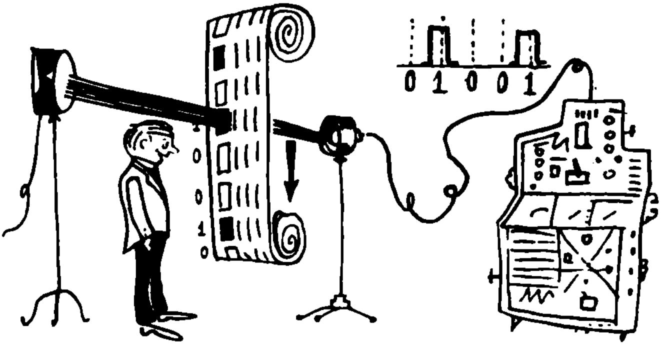
ఇదీ మూలాంశం

5. 11

సైబెర్నెటిక్ ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ సమాచారాన్ని సంపాదనం (ప్రోసెసింగ్) చేసే ప్రతీ దశలోనూ తప్పనిసరిగా కొన్ని ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలూ, వలయాలూ ఉపయోగించాల్సి వస్తుంది. ప్రోసెసింగ్ చేయాల్సిన సమాచారాన్ని కంప్యూటర్‌కి అందించడం మొదటి పని.

కంప్యూటర్‌కి అందించేముందు సమాచారాన్నంతా చిల్లులు పెట్టిన కార్డు మీద సాధారణంగా నమోదుచేస్తారు. ఆ కార్డు, మామూలు కార్డుబోర్డ్ ముక్క. దాని మీద ఒక నిర్దిష్ట అంతరాల్లో యుగ్మ కోడ్ వ్యవస్థ గుర్తులు ముద్రించబడి ఉంటాయి. దీనిలో చిల్లు "1"కి, చిల్లులేకపోవడం "0"కి చెందుతాయి.

కంప్యూటర్‌కి ఈ గుర్తులని అందించడం కోసం ఆ కార్డుని ఏకరీతిలో ఒక లేలిక మెకానిజం సాయంతో ఒక కాంతి జనకం ముందుంచుతారు. చిల్లునుంచి ప్రసరించిన కాంతి ఫొటోసెల్ మీద పడుతుంది. ఫొటో-ఫలితం మూలంగా దానిలో విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది. (మూడవ ప్రకరణంలో "వంద మార్యుళ్లని ఎక్కడి నుంచి తేగలం?" అనే



భాగంలో ఫోటో-ఫలితం గురించి చెప్పబడింది.) కాంతి జనకం ఫోటోసెల్‌ల మధ్య మంచి ఏదైనా చిల్లు రాగానే విద్యుత్తు ప్రవహించడం ప్రారంభిస్తుంది. అప్పుడు, "1" అనే గుర్తు వున్నప్పుడు స్పందనం రూపొందుతుంది, అటువంటి స్పందనం లేనప్పుడు అది "0"కి చెందుతుంది.

5. 12

చాలా కంప్యూటర్లకి చిల్లులు పెట్టిన కార్డు ఒక్కటే బాహ్య ప్రపంచంతో వంతెనలా పనిచేస్తుంది. ఆ కంప్యూటర్ల కళ్ళు, చెవులు, స్పర్శ, వాసన, రుచులని తెలిపే జ్ఞానేంద్రియాలు ఆ కార్డే. ఎందుకంటే అటువంటి కంప్యూటర్లు, కార్డు మీద చిల్లులు, ఖాళీల రూపంలో నమోదు చేయబడిన గుర్తులు మినహా ఇంక దేన్నీ గ్రహించలేవు. ఒకోసారి ఇదెంతో అసౌకర్యంగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే కంప్యూటర్ పనిచేయాలంటే ముందుగా ఎవరో స్పర్శించి, చూసి, విని తన పరిశీలనలని చిల్లులు పెట్టిన కార్డుల రూపంలో కంప్యూటర్‌కి అందించాలి.



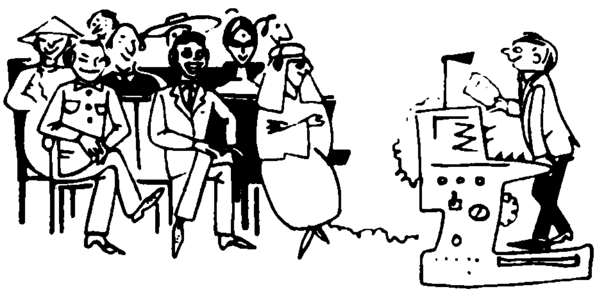
అయితే స్వతంత్రంగా ఆ పరిశీలనలని చేయగలిగే కంప్యూటర్‌ని రూపొందించడం సాధ్యపడదా?

తన చుట్టూవున్న ప్రపంచాన్ని తెలుసుకోవడానికి ప్రకృతి మానవుడికి పంచేంద్రియాలని ఇచ్చింది మరి కంప్యూటర్ సంగతేమిటి? ఎలక్ట్రాన్‌లు చూడగలవు, వినగలవు, తాకి చూడగలవు అని భావించడం కలలోని మాట కదా!

5. 13

ఒక విడి ఎలక్ట్రాన్ కనలేదు, వినలేదు. అయితే ఎలక్ట్రాన్ల సముదాయం వినడం, చూడటమే కాకుండా ఉష్ణోగ్రతని, పీడనాలని తాకి తెలుసుకోగలవు కూడాను. కాలంతో బాటు, త్వరలో వాసనలూ, రుచులని కూడా గుర్తిస్తాయి.

మైక్రోఫోన్లు, కంప్యూటర్ చెవులు. ధ్వనులని అవి విద్యుత్ ప్రవాహాలుగా మారుస్తాయి. ఎలక్ట్రాన్-పుంజం గొట్టం (ట్యూబ్) కంప్యూటర్ కళ్లలా పనిచేస్తుంది. ఏదైనా ప్రతిబింబాన్ని దానికి సరిపోయే సంకేతంగా అది మారుస్తుంది. ఆ సంకేతాన్ని ప్రత్యేకమైన వలయాల్లో ప్రాసెసింగ్ చేయడం ద్వారా కంప్యూటర్ కుక్కేదో, పిల్లేదో చెప్పగలదు. లేదా, వేర్వేరు చేతులతో రాసిన సమాచారాన్ని చదవగలదు.

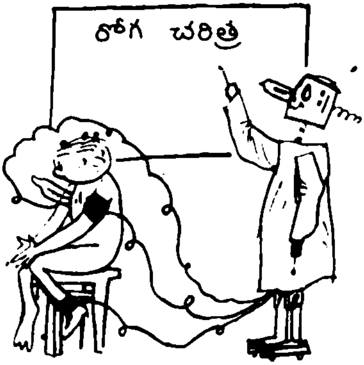


కంప్యూటర్‌కి దృష్టిని, వినగలిగే శక్తిని ఇవ్వడం ద్వారా, ఉపన్యాసకుడి ఉపన్యాసాన్ని గాని, లేక ఏదైన పత్రికలోని వ్యాసాన్ని గాని ఎన్నో భాషల్లో కంప్యూటర్‌చేత టైపు చేయించవచ్చు.

వినడం ద్వారా కంప్యూటర్ పనిచేయాలంటే ప్రత్యేకమైన వలయాలని రూపొందించాలి. అవి, ఎవరు మాట్లాడారు అనేదాని మీద ఆధారపడకుండా, ప్రతీ ధ్వనిని, అంటే దానికి సరిపోయే అక్షరాల సంయోగాన్ని ఎంచుకోగలుగుతాయి. దీనికి సరిగ్గా పూర్తిగా భిన్నంగా అక్షరాల సంయోగాలనాధారంగా ధ్వని సంకేతాలని విడుదల చేయడం సాధ్యపడుతుంది. అప్పుడు కంప్యూటర్‌కి మాట్లాడే శక్తి వస్తుంది. ఎందుకంటే రాయబడిన విషయాన్ని గట్టిగా చదివి వినిపించడం దాని వలన అవుతుంది.

5. 14

ప్రస్తుతం స్పర్శాంగాల సంగతి పరిశీలిద్దాం. వాటిని 'శక్తి రూపాంతరణిలు లేక ట్రాన్స్‌డ్యూసర్లు' అంటారు. ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల సహాయంతో కంప్యూటర్లు



వేడి, పీడనం, అనేక ద్రావణాల గాఢతలు, విద్యుత్ సంకేతాల ప్రభావాలు, అంతెందుకు ప్రాణమున్న మనిషి వేటినైతే తాకి తెలుసుకోగలడో, వాటినన్నిటినీ తాకి తెలుసుకో గలవు. అలాగే ప్రకృతిలో బాహ్య కారకాల్లో (గాఢత, ఉష్ణోగ్రత, పీడనం) జరిగే మార్పులని మనిషి కంటే కూడా బాగా కంప్యూటర్ గుర్తించగలదు. సున్నితత్వాన్ని పెంచడానికి ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల ఔట్‌పుట్‌దగ్గర సంకేతాన్ని ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలద్వారా ఆంప్లిఫై చేస్తారు.

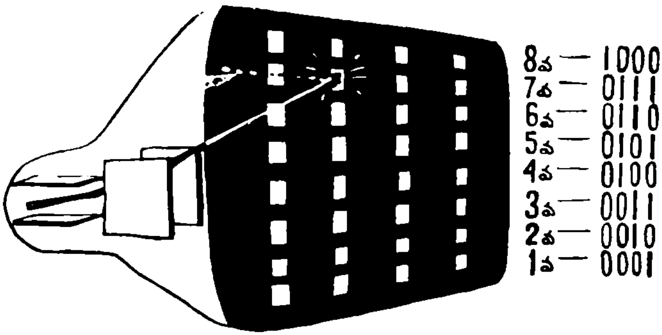
ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల నిర్మాణం సాధారణంగా ఎంతో తేలిగ్గా వుంటుంది. ఏ దేహపు ఉష్ణోగ్రతని కొలవాలన్నా "థెర్మిస్టర్"ని దానికి తగిలిస్తే చాలు. థెర్మిస్టర్ నిరోధకత ఉష్ణోగ్రత మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగేకొద్దీ నిరోధకతలో మార్పు వస్తుంది. వెంటనే థెర్మిస్టర్ వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహంలో మార్పు వస్తుంది. ఉష్ణోగ్రతా ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ పనిచేసే విధానం అలా వుంటుంది.

పీడన ట్రాన్స్‌డ్యూసర్, ఒక కెపాసిటర్ అవచ్చు. దానిలోని ఒక ప్లేటు, మెంబ్రేను ఆకారంలో తయారుచేయబడి ఉంటుంది. పీడనం పెరిగేకొద్దీ మెంబ్రేను లోపలికి నొక్కబడుతుంది. ప్లేట్ల మధ్య ఖాళీ తగ్గి క్షమత్వం పెరుగుతుంది. అప్పుడు వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం మారుతుంది.

మైక్రోఫోన్, ఎలక్ట్రాన్ – పుంజం ట్యూబులని కూడా ట్రాన్స్‌డ్యూసర్లగానే భావించవచ్చు. మైక్రోఫోన్, ధ్వని-ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ అయితే, ఎలక్ట్రాన్ ట్యూబు, ప్రతిబింబపు ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ అవుతుంది.

5. 15

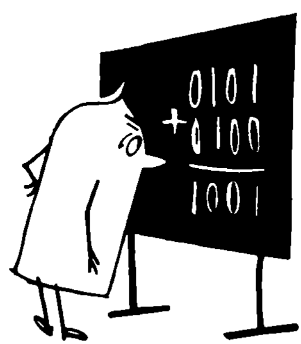
ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల సహాయంతో కంప్యూటర్ పరిశీలనలని కొనసాగిస్తుంది. అయితే అది సరిపోదు. అదింకా పరిశీలనం ఫలితాలని ప్రోసెస్ చేయాల్సి వుంటుంది. ఒకదానితో మరొకదాన్ని పోల్చిచూడాల్సి వస్తుంది. ఒక నిర్ణయం తీసుకున్న తర్వాత సూచనలు సలహాలని మనిషికి ఇవ్వడమో స్వతంత్రంగా అది పరిశీలించాల్సిన విషయం మీద ఒక కన్నేసి వుంచడమో చేయాల్సి వుంటుంది. ఇంకోలా చెప్పుకుంటే, ఎన్నో ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల నుంచి సంకేతాలని గ్రహించి కంప్యూటర్ లెక్కలు వేయాలి.



లెక్కలు సాధారణంగా యుగ్మ వ్యవస్థలో వేయబడతాయి. దానర్థం, ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల నుంచి నిర్విరామంగా మారే వోల్టేజిల రూపంలో వస్తూన్న సమాచారం అంతా యుగ్మ కోడ్‌లోకి మార్చాలన్నమాట. ఇదేదో కొత్త సమస్యలా కనబడింది. అయినప్పటికీ ఎలక్ట్రాన్ – పుంజం ట్యూబు సహాయంతో (అది ఇక్కడా సరిగ్గా ఆపదలో రక్షించింది) ఆ సమస్యని పరిష్కరించడం సాధ్యపడింది.

ట్యూబు తెరకి ఒక జాలకాన్ని అమరుస్తారు. దాని ప్రతీ గీతకీ లేక "స్థాయికీ" యుగ్మ వ్యవస్థలో అంకెలు కల్పిస్తారు. చిల్లు "1"కి, ఖాళీ "0"కి ఉపయోగించబడతాయి. ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ నుంచి నిలువుగా వంచే ప్లేటుకి వోల్టేజిని కల్పించినప్పుడు పుంజం లేస్తుంది. అప్పుడు దాన్ని ఒక గీత వెంబడి పరుగెట్టేలా చేస్తారు. అప్పుడు ఫోటోసెల్ స్పందనాల పరంపరని ఇస్తుంది. ఉదాహరణకి, ఎలక్ట్రాన్ పుంజం ఏడో స్థాయి (గీత) వెంబడి పరుగెట్టి యుగ్య సంఖ్య ఏడుని (0111) ఇస్తుంది. ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ వోల్టేజి పెరిగితే, స్థాయి సంఖ్య కూడా పెరుగుతుంది (పుంజం ఇంకా పై గీత వెంబడి పరుగెడుతుంది).

5. 16



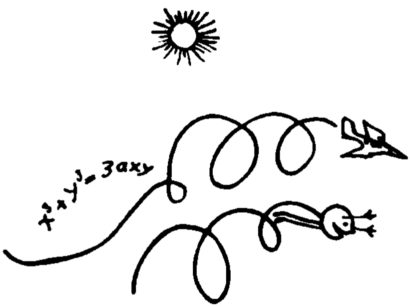
యుగ్మ వ్యవస్థని ఉపయోగించుకుంటె, అన్ని సంఖ్యలని, వాటికి సంబంధించిన అన్ని పనులని ఒకట్లూ, సున్నాల సంయోగంగా తగ్గించేయడం సాధ్యపడుతుంది. ట్రయోడ్‌లు – 'కీ'లు యుగ్మ సంఖ్యల కూడికలు, హెచ్చవేతలు, భాగాహారాలు ప్రోగ్రామ్ ప్రకారం చేయగలవు.

ఆ ప్రోగ్రాములు కూడా ఒకట్లూ, సున్నాల పరంపర రూపంలో ఉంటాయి.

అంక (డిజిటల్) కంప్యూటర్లు పనిచేసే మాత్రం ఆ విధంగా వుంటుంది. అవి పనిచేసే తీరు వివిక్తంగా (అంతరాయకంగా) ఉంటుంది. ఎందుకంటే అన్ని పరిమాణాలని 5. 15 లోని చిత్రంలో చూపించినట్లు "స్థాయిల్లో" విభజించాలి.

5. 17

అయితే అవిచ్ఛిన్నంగా (నిరంతరాయంగా) పనిచేసే కంప్యూటర్లూ ఉన్నాయి. అవి ట్రాన్స్‌డ్యూసర్ల నుంచి వచ్చే సంకేతాలని యుగ్మ కోడ్‌గా మార్చకుండానే ప్రాసెస్ చేస్తాయి.

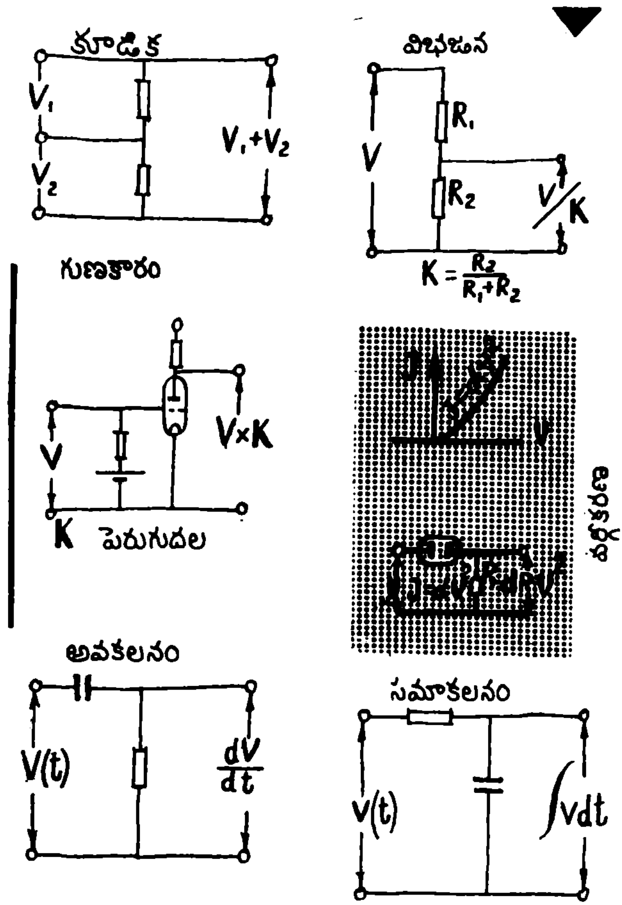


డయోడ్లూ, ట్రయోడ్లూ, కెపాసిటర్లూ, నిరోధకాలూ ఒక నిర్దిష్టమైన వరుసలో కలపబడినప్పుడు విద్యుత్ వోల్టేజిలు కూడబడటమో, హెచ్చవేయబడటమో, విభజించబడటమో జరుగుతుంది. చివరికి ఎంతో సంక్లిష్టమైన గణిత పరిక్రియలు అయిన అవకలనం, సమాకలనాలని కూడా సాధారణమైన RC వలయాలే సాధిస్తాయి.

సమీకరణాలను బట్టి కంప్యూటర్ పనిచేస్తుంది. సమీకరణమేమో ఒక నిర్దిష్ట ప్రక్రియని ప్రతిబింబిస్తుంది. ఉదాహరణకి, డోలాయమాన వలయంలోని విద్యుత్ప్రవాహపు సమీకరణం, డోలకం లేక తీగల చలనాన్ని చూపే సమీకరణాన్ని పోలివుంటుంది. అంటే వలయంలో ఎలక్ట్రాన్ల చలనం యాంత్రిక డోలన ప్రక్రియని పోలివుంటుంది (3. 4).

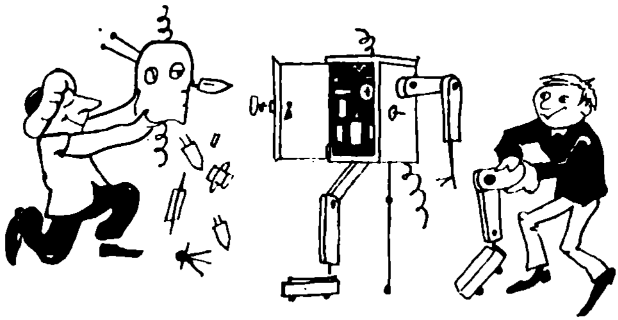
విమానం లేక రాకెట్ యాత్ర, ద్రవం లేక వాయువు చలనం, రసాయన చర్య మొదలైన ప్రక్రియలనీ, అలాగే ఇంకా సంక్లిష్ట ప్రక్రియలనీ కూడా ఎలక్ట్రాన్ల చలనం అనుకరించి చూపగలదు.

అటువంటి నిర్విరామ ప్రతిచర్యా కంప్యూటర్లు "సదృశ (అనలోగ్) కంప్యూటర్లు" అని పిలవబడే వాటి జాబితాకి చెందుతాయి.



5. 18

“తెలివైన” యంత్రాలని అభివృద్ధిచేయడానికి ఎలక్ట్రానిక్స్ బాగా సంసిద్ధమై వుందని మనకి ఇంకోసారి పూర్తి నమ్మకం కలుగుతోంది. ఏనాడో ఎలక్ట్రానిక్స్ కనుగొన్న సాధనాల సహాయంతో ఎన్నో సమస్యలని ఈనాడు పరిష్కరించగలం. కంప్యూటర్‌కి (యంత్రానికి) అద్భుతమైన తెలివితేటలుండవచ్చు. ఒక భాషలోంచి, ఇంకో భాషలోకి అది తర్జుమా చేయగలదు, కవిత్వం రాయగలదు, చదరంగం ఆడగలదు, సంక్లిష్ట ప్రక్షేపమార్గాలని లెక్కగట్టగలదు, ఉత్పత్తులని కంట్రోలు చేయగలదు, చదువగలదు, అనుభవం సంపాదించుకోగలదు, చివరికి ఎవరి మొహాన్నయినాసరే గుర్తుపట్టగలదు



కూడా. అదే కంప్యూటర్‌ని విడి భాగాల కింద విడగొడితే, వాటిలో ఎటువంటి ప్రత్యేకతనీ మీరు గమనించరు. అవే డయోడ్లు, ట్రయోడ్లు, ఎలక్ట్రాన్ – పుంజం ట్యూబ్‌లు, అయస్కాంతాలు, కలయికలు, రిలేలూ. అటువంటి సాధారణ విడి భాగాల సమైక్య కృషితో సాధించబడిన ఫలితాలు 20–30 ఏళ్ల క్రితం అతి దూరదృష్టిగల ఏ మేధావంతుని ఊహకయినా సరే తట్టలేదు.

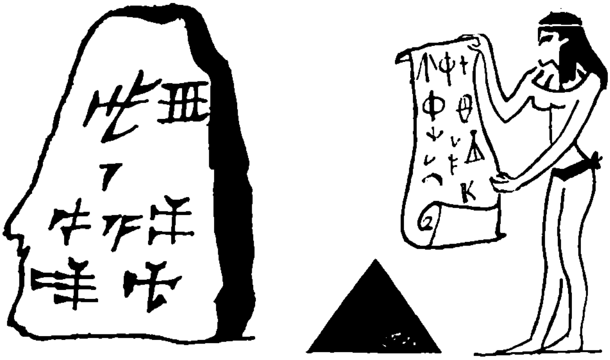
సమాచారపు ఉప్పెన, ఎలక్ట్రానిక్ నౌక

ఒకానొక కాలంలో మానవజాతి సంపాదించిన జ్ఞానాన్నంతా కొన్ని నల్లరాతి పలకల మీద ఖుద్రించడం సాధ్యమయేది. తర్వాత రాతి మీద చెక్కిన ఆ రాతల బదులు కాగితం చుట్టల మీద చేతితో రాసిన రాతలు ప్రత్యక్షమయాయి.

దానితోబాటే తాడుకి వేసిన ముళ్లు, కర్ర మీద వుండే గంట్లు, కడ్డీల మీద లేక గంటు వెంబడి కదిలే రాళ్లూ, పూసలూ, మొదలైన లెక్కగట్టే పద్ధతులు అభివృద్ధి చెందసాగాయి.

ప్రాచీన రష్యాలో రాళ్లతో లెక్కవేసే సాధనాలని ఉపయోగిస్తూండేవారు. అదీనాటి "ఎబకస్"ని పోలివుండేది. ఆ సాధనాల్లో బిగువైన త్రాడు గుండా రాళ్లని కదిపేవారు. ఆ కాలంనాటి తొలి సూచనల్లో "త్రాడు బదులు రాగి లేక ఇనుప తీగని వాడితే ఇంకా మంచిది" అని పేర్కొనబడింది. అయితే ఆ సాధనాలు ఎంత సునిశితమైనవో మీకు అర్థమయేవుంటుంది.

కాని సమాచారం చాలా ఎక్కువగా వచ్చిపడిపోవడంతో ముద్రణాలయం అవతరించింది. సమాచారపు పిల్ల కాలవలు కలిసి పెద్ద ప్రవాహాలుగా మారాయి. దాంతో ఆ సమాచారాన్ని ప్రోసెస్ చేసే బాధ్యతని అభివృద్ధిచెందుతూన్న విజ్ఞానశాస్త్రం ఆటోమేటిక్‌గా చేపట్టింది.



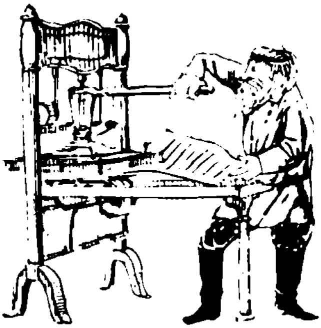
17వ శతాబ్దంలో ప్రముఖ తత్వవేత్త, గణితశాస్త్రజ్ఞుడు అయిన లెయిబ్‌నిట్జ్ తనకి అందుబాటులో వున్న యాంత్రిక పద్ధతుల ద్వారా పై సమస్యను పరిష్కరించడానికి పూనుకున్నాడు. తయారైన యంత్రం చాలా పెద్దదీ, క్లిష్టమైనదీనూ. అయితే, అంతకుముందు పాస్కల్, తర్వాత రష్యన్ అకడెమీషియన్ పఫ్నూతి చేబిషెవ్, ఇంగ్లీషు దేశస్థుడు చార్లెస్ బాబేజ్ రూపొందించిన యంత్రాలలాగానే పై యంత్రమూ లెక్కలువేసే సాంకేతిక పద్ధతులలో ఎటువంటి విప్లవాన్నీ తీసుకురాలేదు. దీనంతటికీ కారణం ఒకటే.



లెక్కవెయ్యడమనే ప్రక్రియ దానంతటదే ఎంతో క్లిష్టమైనది. కాలం కలిసిరావాలంటే, ఆధునిక ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లకి వుండే వేగం ఆటోమేటిక్ యంత్రానికి కావాలి – ఆ వేగాన్ని ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలే సాధించగలవు. ఎందుకంటే వాటిలో కదిలే ప్రధాన అంశానికి అతి సూక్ష్మమైన ద్రవ్యరాశి, అతి స్వల్ప జడత్వం ఉంటాయి. అతి చిన్నదీ, చురుకైనదీ అయిన ఎలక్ట్రానే ఆ అంశం.

ప్రతీ క్షణమూ ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ బహుళ అంకెలు గల సంఖ్యలతో పదులూ, వందలూ, వేలాది పనులని చేస్తుంది. వందలాది గణికులు నెలల పాటు చేసే పనిని ఆ కంప్యూటర్ ఒక్క సెకనులో చేసేస్తుంది.

రాచుకునే గియర్లతోనూ, అతి కష్టం మీద తిరిగే లీవర్లతోనూ, ప్రతీ పనికీ కనీసం సెకనులో ఎంతోకొంత కాలాన్ని వెచ్చించాల్సివచ్చే పనులనిచేస్తూ, యాంత్రిక శాస్త్రం అటువంటి ఫలితాలని సాధించగలదా?



ఆటోమేటిక్ పరికలనం, అతి శీఘ్రంగా లెక్కలు వేయడం లేనిదే విజ్ఞాన, సాంకేతిక శాస్త్రాల పురోభివృద్ధి ఇక ఊహాలలో కూడా సాధ్యంకాని సమయం వచ్చింది.

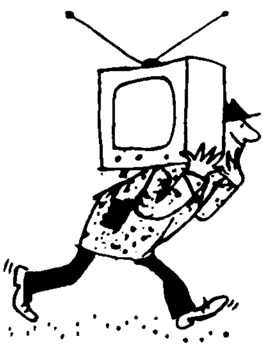


ముద్రణాలయం, టెలిఫోనూ, రేడియోలు చుట్టూ జరుగుతోన్న గొప్ప సంఘటనల గురించి ప్రకటిస్తున్నాయి. బ్రహ్మాండమైన పరిమాణంలో పరిశోధనలు జరుపబడుతున్నాయి. అన్ని దేశాలలోనూ, వేలకొద్దీ విద్యాలయాలు ఒకే విధమైన సమస్యలని పరిష్కరిస్తున్నాయి. ఫలితాలు నెలనెలా వంద భాషలలో ముద్రింపబడుతున్న 50 000 శాస్త్రీయ పత్రికల పేజీలలో ఇమడ్చబడుతున్నాయి. ఒక మనిషి సాధించిన విజయం, వెంటనే మానవజాతి విజయంగా తయారవుతోంది. శాస్త్రీయ సమాచారమంతా వందలాది ప్రయోగశాలల్లో పరీక్షించబడుతోంది. వేల రెట్లలో పెరుగుతోంది.

యాంత్రిక, శక్తి ఇంజనీరింగులు, రసాయన శాస్త్రం, ఎలక్ట్రానిక్సుల ద్వారా సమకూర్చబడిన ఒక సంశ్లిష్టమైన కలయికగా సాంకేతిక నిర్మాణాలు ఉంటున్నాయి. సంపూర్ణమైన, ఆధునిక యంత్రాలని రూపొందించడానికి అవసరమైన అన్ని నూతన



ఇంజనీరింగు పద్ధతులలో ఏ ఒక్క ఇంజనీరుకీ శక్తి సామర్థ్యాలు చాలవు. లెక్కలు ఇంకా ఇంకా సంక్లిష్టమైపోతున్నాయి. వాతావరణం గురించి జోస్యం చెప్పాలన్నా, అంతరిక్ష ప్రక్షేప మార్గాలని లెక్కవెయ్యాలన్నా, ప్రోటీన్‌ని పరిశోధించాలన్నా వందలు, వేల కొద్దీ సమీకరణాలని పరిష్కరించాల్సి వస్తోంది. లెక్కలు కట్టడానికి కావాల్సిన సమయం బ్రహ్మాండంగా పెరిగిపోతోంది. 100 సమీకరణాల వ్యవస్థని పరిష్కరించడానికి ఒక గణితశాస్త్రజ్ఞుడికి 4 ఏళ్లు పడుతుంది. అదే 1000 సమీకరణాల వ్యవస్థకి 60 తరాల గణితశాస్త్రజ్ఞులు 4 000 సంవత్సరాలు పనిచేయాల్సి వస్తుంది.

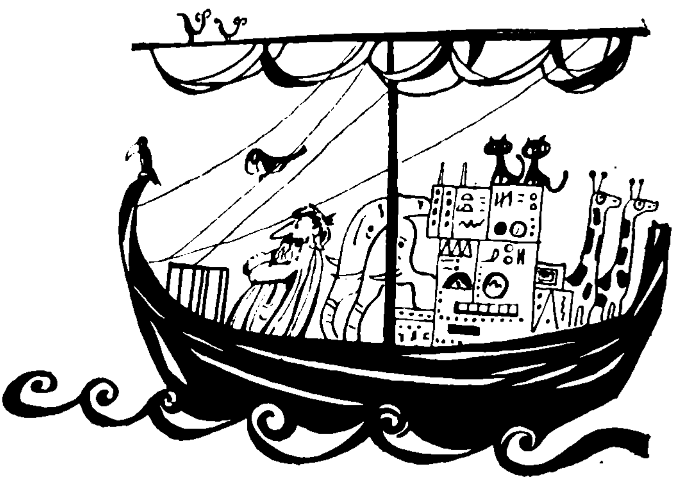


అసలు మొత్తం ఎన్ని సమీకరణాలని మానవజాతి పరిష్కరించాల్సి వుంటుంది? ఆధునిక శాస్త్రీయ సమస్యలని పరిష్కరించడానికి ఎంత సమాచారాన్ని ప్రాసెస్ చేయాల్సి వుంటుందో మనం మామూలుగా ఉపయోగించే పద్ధతులు ఊహాలోకంలో కూడా పనికి రావు. ఉదాహరణకి, అణుపుంజాలు, ప్రోటీన్‌ల అధ్యయనాన్ని తీసుకుందాం. వాటి అణువుల్లో పొడుగాటి గొలుసుల్లో పరమాణువులుంటాయి. ఆ గొలుసుల్లో లింకులని ఏమాత్రం మార్చినా పూర్తిగా ఒక కొత్త పదార్థం తయారవుతుంది. ప్రపంచంలో వున్న అన్ని రకాల ప్రోటీన్ గొలుసుల నమూనాలవీ పేరుకొకటి చొప్పున తీసుకుని వాటిని తాడులా పేని, అప్పుడు ఒక కొన దగ్గర కాంతిని ప్రసరింప జేసినట్లయితే అది రెండో కొన చేరుకోడానికి 75 సంవత్సరాలు పడుతుంది. కాంతి వేగం సెకనుకు 300 000 కిలోమీటర్లు అని మర్చిపోకూడదు!

జ్ఞాన మహాసముద్రం అపారమైనది. సంపాదించిన సమాచారాన్నంతా ప్రోసెస్ చేయాలి, పోల్చి చూడాలి, సూత్రీకరించాలి, వర్గీకరించాలి. లేకపోతే ఆపైన అభివృద్ధి అంటూ ఏమీ వుండదు. ఆగాల్సిన సమయం కాదా ఇది?



కాదు. ప్రకృతి ప్రసాదించిన హేతుబద్ధ ఆలోచన మనిషికి విశ్రాంతి అంటూ లేకుండా చేస్తుంది. మానవుడు కొత్త కొత్త విషయాలని తెలుసుకోవడం కొనసాగిస్తూనే



ఉంటాడు, అంతరిక్ష రహస్యాల్లో కొత్తవాటిని గురించి తెలుసుకుంటూంటాడు, మెటా గాలక్సీ, పి — మీజాన్‌ల నిర్మాణం అధ్యయనం చేస్తాడు, రామరాము లోతుగా, విస్తృతంగా పరిశోధనలని కొనసాగిస్తాడు.

మానవ జ్ఞాన మహాసముద్రంలోకి ఇంకా ఇంకా కొత్త ప్రవాహాలు వచ్చి పడుతున్నాయి. సమాచార మహాసముద్రం ఇంకా ఇంకా విస్తృతమవుతోంది. మానవజాతికి సమాచార జల ప్రళయం వలన ముప్పు రానుంది.

అందుకనే కూడబెట్టిన సమాచారాన్నంతా ప్రాసెస్ చేయగల యంత్రాలని మనిషి రూపొందిస్తున్నాడు. వాటంతటవే సమాచారాన్ని పొందగలిగి, పోల్చిచూసి, సూత్రీకరించి, వర్గీకరించి, ఫలితాలని ప్రకటించగల యంత్రాలని తయారుచేస్తున్నాడు.

హేతుబద్ధ ఆలోచనకుండే శక్తి అవధులు లేనిది. పౌరాణిక వీరుడు, ''నోవా'' మాదిరిగా, ప్రాణాన్ని కాపాడే ఎలక్ట్రానిక్ నౌకని నిర్మించి, తనంతట తానే సృష్టించిన మహాసముద్రంలో మానవుడు నిర్భయంగా ప్రయాణం సాగిస్తున్నాడు.

మెమొరీ దేనితో తయారవుతుంది

ఇదీ మూలాంశం

5. 19

జ్ఞాపక శక్తి అన్నది మనుష్యులకి (కొంత వరకు జంతువులకి కూడా) ఉంటుందని అందరికీ తెలుసు. అయితే సైబెర్నెటిక్స్ అవతరణ తర్వాత, జీవంలేని వస్తువులకి కూడా ''జ్ఞాపకశక్తి'' లాంటిది ఉండేలా చేయవచ్చని కనుగొనబడింది. పురాతన ఘటనలపై ఎవరో చేతితో చెక్కిన విషయాల గురించి నల్లరాయి పలకలు ఇంకా జ్ఞాపకం ఉంచుకున్నాయి. సరిగ్గా అలాగే పుస్తకాలు ఎన్నో విషయాలని జ్ఞాపకం ఉంచుకుంటాయి. గుర్రాలూ, గొర్రెల గురించి గంట్లున్న కర్ర జ్ఞాపకం ఉంచుకుంటుంది. అవన్నీ దీర్ఘకాల జ్ఞాపకాల వ్యవస్థలు.

ఎబకస్‌లు సంఖ్యలని కొద్ది కాలంపాటు, లెక్కవేస్తున్నంత సేపు మాత్రమే గుర్తుంచుకుంటాయి. మన జ్ఞాపక శక్తిలో కూడా వేర్వేరు అరలుంటాయి. కొన్ని అరల్లో ఏనాడో జరిగిన ఘటనలు పదిలపరచబడితే, వేరే వాటిలో నేటికో, రేపటికో మాత్రమే అవసరమైన విషయాలు పొందుపరచబడతాయి. ఉదాహరణకి, సినిమా ఎన్నింటికి మొద

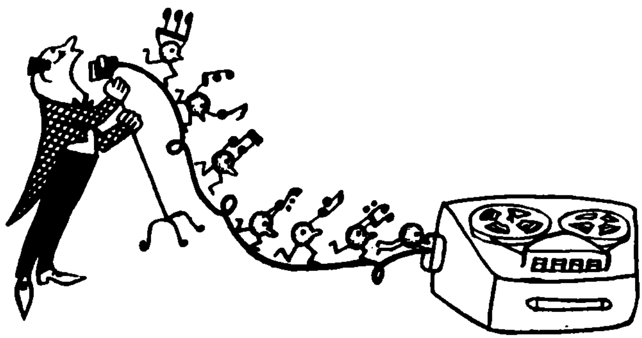
లవుతుందో, ఇంటి నంబరో, రైల్వే బోగీ లేక సీటు నంబరో ఆ అరలో ఉంటాయి. ఒకోసారి మన జ్ఞాపకశక్తి మీద నమ్మకం తక్కువగా ఉన్నప్పుడు, ప్రాణంలేని వస్తువుల, ఉదాహరణకి, జేబురుమాలుకి వేసిన ముడిలాంటి వస్తువుల సహాయాన్ని మనం తీసుకుంటాం.

ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లకి కూడా రెండు రకాల జ్ఞాపక శక్తులుంటాయి. మధ్య శ్రేణి లెక్కలకి హ్రస్వ–కాల 'నిర్దిష్ట జ్ఞాపకశక్తి' అనేది ఉంటుంది. తుది ఫలితాలు దీర్ఘ–కాల జ్ఞాపకశక్తిలో పొందు పరచబడతాయి.

ఇంతకీ కంప్యూటర్ "జ్ఞాపక శక్తి (మెమొరీ)" అంటే ఏమిటి?

5. 20

ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లు అవతరించడానికి పూర్వం చాలాకాలం క్రితమే "జ్ఞాపకశక్తి" అన్న విషయాన్ని కూడా ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిచేసినట్లు తేలుతోంది. దానికి ఉదాహరణగా అయస్కాంత టేపు మీద సంకేతాలని నమోదుచేసే పరికరాన్ని తీసుకోవచ్చు. మనకిష్టమైన 18వ శతాబ్దపు సంగీత నాటకంలోని గీతాన్నొకదాన్ని నమోదు

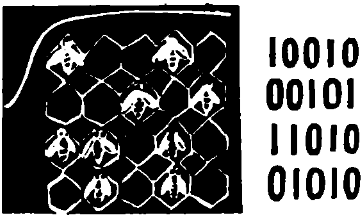


చేయడానికి టేపు రికార్డరుని ఉపయోగిస్తాం. అది ఆ గీతాన్ని, గాయకుడి గొంతుని, పక్క వాయిద్యాలని మన కంటే బాగా "జ్ఞాపకం" ఉంచుకుంటుంది. అంతేకాకుండా, నమోదు చేయబడిన ఆ గీతాన్ని టేపు అంత త్వరగా మర్చిపోదనే నమ్మకం ఉంటుంది.

5. 21

ఎలక్ట్రాన్-పుంజం ట్యూబుకి కూడా "జ్ఞాపకశక్తి" ఉంటుంది. తెర మీద ఎలక్ట్రాన్-పుంజం వదలిన స్పందన జాడ కొంత కాలం పాటు ఉండి మాయమవుతుంది. మళ్లీ తెర మీద ఎలక్ట్రాన్-పుంజం ప్రయాణం చేయగానే జాడ తిరిగి ప్రత్యక్షమవు

తుంది. (ప్రకరణం 1, "అదృశ్య పదార్థాల జాడలు; రంపం, కిరణ పుంజం, తాళం చెవుల గురించి" అన్న భాగాలు చూడండి). ప్రతిబింబం కొంత కాలం పాటు నిలిచి వుండేలా చేసే ట్యూబు ధర్మాన్ని 'ఉత్తరదీప్తి' అంటారు. ఉత్తరదీప్తి కొన్ని సెకనుల కాలం పాటో లేక సెకనులో కొంత కాలం పాటో ఉంటుంది. టేపు రికార్డరులో టేపు కంటే కిరణ పుంజం ఎన్నో రెట్లు వేగంగా కదలడంతో యుగ్మ కోడ్ గుర్తులని పెద్ద సంఖ్యలో ట్యూబు టేపు రికార్డరు కంటే ఎంతో వేగంగా జ్ఞాపకం వుంచుకోగలుగుతుంది. ఇది హ్రస్వ కాల (నిర్దిష్ట) జ్ఞాపకం. ఎంతో ఎక్కువ సమాచారాన్ని ఎంతో



వేగంగా దానిలో పొందుపరచవచ్చు. అయితే కొద్ది కాలం పాటు మాత్రమే అక్కడ భద్రపరచవచ్చు.

సాధారణమైన తెరకి బదులు జ్ఞాపక ట్యూబులో కెపాసిటెన్ సెల్‌లతో తయారయిన జాలకం ఉంటుంది. అది తేనె తెట్టెని పోలి వుంటుంది. జాలకంలో ప్రతీ గీత వెంబడీ వెళ్తూ పుంజం ఏదో ఒక సంఖ్యని అందిస్తుంది. ప్రతీ సెల్లూ యుగ్మ కోడ్‌లోని ఒక సంకేతాన్ని మాత్రమే అంటే "1" లేదా "0"ని పదిలపరుస్తుంది. ట్యూబులోని మాడ్యులేషన్ ఎలక్ట్రోడ్‌కి తర్వాతి సంకేతం అందే సమయంలోనే సరిగ్గా పుంజం తర్వాతి సెల్‌ని చేరేలా దాని వేగాన్ని నిర్దేశిస్తారు.



5. 22

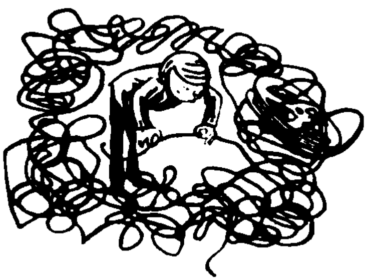
యుగ్మ గణన వలయాల గురించి చెప్పుకున్నప్పుడు ఇంకో రకం జ్ఞాపకశక్తి — ఆరంభకాల గొలుసు (5. 9) గురించి తెలుసుకున్నాం.

అరంభకాల గుండా కొన్ని స్పందనాలు పరిగెట్టగానే ఆ గొలుసు వాటి సంఖ్యని గుర్తుంచుకుంటుంది. అయితే గణన ఆరంభక గొలుసు జ్ఞాపకశక్తిలో ఆ సంఖ్యని

ఉంచడం ఏమాత్రం వీలుగా ఉండదు. ఎందుకంటే దాని కోసం చాలా ఎక్కువ ఆరంభకాలు అవసరమవుతాయి. అందుకనే ఆరంభకాలు పనిచేసే సమయంలో పొందిన సంఖ్యలని ఎం(క్వాస్-పుంజం ట్యూబులకి — మధ్యమ (శ్రేణి ఫలితాలని మాత్రమే, ఉదాహరణకి, రెండు రాయడం, మూడు జ్ఞాపకం ఉంచుకోవడం లాంటి విషయాలని అవసరమైన (హ్రస్వ కాల జ్ఞాపకానికి అందిస్తారు.

5. 23

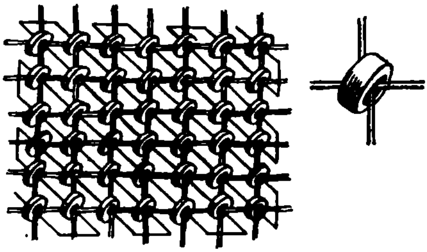
జ్ఞాపకశక్తి ఉండే ట్యూబుల అరల్లో సంఖ్యలని ఎంతో కాలం పదిలపరచలేం. లెక్కగట్టడం పూర్తయిపోతే, ఫలితాన్ని దీర్ఘ కాల జ్ఞాపకానికి అందజేయాలి. అరల గుండా పరుగెడుతూ కిరణపుంజం వాటి ఆవేశాలని ఒక స్పందన విద్యుత్ (ప్రవాహంగా మారుస్తుంది. విద్యుత్ (ప్రవాహం అయస్కాంత రికార్డింగు సాధనం హెడ్ మీద (ప్రభావం చూపిస్తుంది. ఆ హెడ్, అయస్కాంత క్షేత్రం టేపు మీద జాడని విడిచి పెడుతుంది. సమాచారాన్ని అది నమోదుచేస్తుంది. ఆ సమాచారం అవసరం అయినప్పుడు ఆ అయస్కాంత రికార్డింగుని రెండో హెడ్ సహాయంతో తిరిగి మార్చవచ్చు.

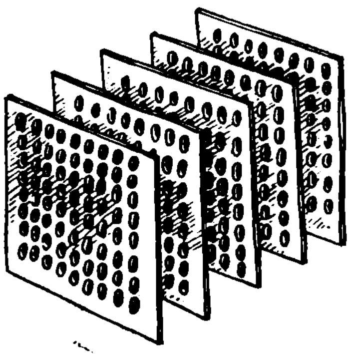


అయితే అటువంటి జ్ఞాపక శక్తికి ఒక ఇబ్బంది వుంది. అవసరమైన సంఖ్య కనక టేపు చివర్లో నమోదు అయివుంటే ఆ సంఖ్యని బయటకి తీయడానికి ఇంకో రీలు మీద టేపునంతా చుట్టవలసి వస్తుంది. దీర్ఘ కాల జ్ఞాపకశక్తి వ్యవస్థలో, సమాచారం కోసం అవిధమైన వెతుకులాటకి ఎంతో కాలం పడుతుంది. అందుకనే అయస్కాంత టేపు మీద నమోదు చేయడమనేది ఒక (గ్రంథాలయంలో పుస్తకాలు చేర్చడం లాంటిదని చెప్పవచ్చు. చాలా తరచుగా అవసరం లేని సమాచారాన్ని అది పదిలపరుస్తుంది. కానయితే, ఆ సమాచారాన్ని దీర్ఘకాలం పాటు అది పదిలపరచగలదు.

ఫెర్రైట్ జ్ఞాపక బ్లాకుల (యూనిట్ల) వాడకం చాలా ఎక్కువయింది. ట్యూబులు, అయస్కాంత టేపులకి భిన్నంగా, ఈ జ్ఞాపక యూనిట్లని ప్రత్యేకించి ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ల కోసం రూపొందించారు.

ఇనుమూ, అలాగే ఇతర లోహాల ఆక్సైడుల మిశ్రమమే ఫెర్రైట్. దీనికి అయస్కాంత ధర్మాలు చాలా బాగా ఉంటాయి.





ఫెర్రైట్ రింగులని ప్రత్యేకమైన జాలకంలో అమరుస్తారు. జాలకంలో నిలువుగా ఉండే తీగ అలాగే అడ్డంగా ఉండే తీగ ఒకే క్షణంలో సంకేతాన్ని గ్రహిస్తే, అప్పుడు ఆ తీగలు ఖండించుకునే చోట వుండే రింగు దాని అయస్కాంత స్థితిని మార్చుకుంటుంది. సంకేతం "0" స్థానంలో సంకేతం "1" వస్తుంది.

సంకేతాలని పైకి చెప్పడానికి జాలకంలో ఏటవాలుగా వెళ్లే మూడో తీగ ఉంటుంది.

తర్వాత ఆ అమరిక గల రింగుల స్థానంలో చిల్లులున్న ఫెర్రైట్ ప్లేటులు వచ్చాయి. ఒకదాని అయస్కాంత క్షేత్రం ఇంకోదాని మీద ప్రభావం చూపకుండా ఉండేలా ఆ

చిల్లుల మధ్య దూరాన్ని నిర్ణయిస్తారు. ఆ డిజైను సమాచారాన్ని పదిలపరిచే యూనిట్ పరిమాణం ఎన్నో రెట్లు చిన్నదయేలా సహకరించింది.

5. 25

జ్ఞాపకశక్తి యూనిట్ వీలైనంత వరకూ చిన్నదిగా ఉండేలా చేయడానికి పాటు పడుతూ, నిపుణులు వివిధ పదార్థాల పరమాణువులకి యుగ్మ వ్యవస్థని "బోధించ



డానికి" ప్రయత్నిస్తున్నారు. దీంట్లో ఉత్తేజిత పరమాణువు సంకేతం "1" అయితే, సాధారణ పరమాణువు సంకేతం "0" అవుతుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్ నుంచి మనకి కావల్సిందేమిటి?

"తెలివైన" యంత్రాల్లోని భాగాల గురించి తెలుసుకుంటూ, అటువంటి యంత్రాలని రూపొందించడానికి అవసరమైనవన్నీ ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఉన్నాయని మనం పదేపదే నిర్ధారణ చేశాం. పైగా, అవన్నీ ఎప్పుడో తయారయి సిద్ధంగా ఉన్నాయి. ఎందుకంటే ట్యూబులనీ, స్పందనాలనీ, డయోడ్‌లనీ, ట్రయోడ్‌లనీ, అరంభకాలనీ రాడార్ ఏనాడో ఉపయోగించుకుంది.

అయితే ఉన్నత స్థాయిని చేరిన ఎలక్ట్రానిక్స్ ఇంక హాయిగా కాలు మీద కాలేసుకుని కూర్చోవచ్చునే తప్పు అభిప్రాయం పాఠకుడికి కలుగవచ్చు.

ఎలక్ట్రానిక్స్ తన అంశాలన్నింటినీ సైబెర్నెటిక్స్ చేతుల్లో పెట్టింది. ఇంక వాటిని బాగా ఎలా వాడుకోవాలో — ఎటువంటి ప్రోగ్రాములని తయారుచేయాలో, వాటిని నిర్వర్తించడానికి ఆ అంశాలని ఎలా కలుపుకోవాలో అన్నది సైబెర్నెటిక్స్ పని.

కాని నిజానికి పరిస్థితి దానికి భిన్నంగా వుంది. ఎలక్ట్రానిక్స్ కంప్యూటర్ల

రంగంలోకి దూకడంతో ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిలో బింబమైన ఊపు వచ్చిందంటే, అందులో గడచిన దశలన్నీ, ప్రస్తుతం మనకి, శైశవ దశలా కన్పిస్తాయి.

అవసరమైనవన్నీ ఎలక్ట్రానిక్స్ చేతుల్లో ఏనాడో వున్న పక్షంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ నుంచి ఇంతకీ మనకి కావల్సినదేమిటి?

అవసరమైన అంశాలన్నీ ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఉన్నమాట వాస్తవమే. అయితే ఆ అంశాల్లో వ్యత్యాసం మాత్రం ఎంతో వుంది. కంప్యూటర్‌ని సాధారణ వాల్వులతో తయారు చేయడం సాధ్యమే. అయినాకూడా అన్ని ఆధునిక కంప్యూటర్ పరికరాల్లోనూ నిర్వాత (వాక్యూమ్) వాల్వులు కాకుండా అర్ధవాహకాలు వాడబడుతున్నాయి. వాల్వులు ఎంతో భారీగా ఉంటాయి. వాటికి ఎక్కువ శక్తి అవసరం అవుతుంది. తరచు చెడిపోతూంటాయి. ఎలక్ట్రానిక్స్ ఇంకా గృహోపకరణాలూ, ప్రత్యేక రేడియో గ్రాహకాలూ, ప్రసారిణులూ, మాపక పరికరాలూ (వీటన్నింటిలోనూ ఒకటి నుంచి డజన్ల దాకా వాల్వులు ఉంటూం టాయి) మొదలైనవాటిని తయారుచేస్తూన్నంత సేపూ వాక్యూమ్ వాల్వులకున్న అసౌకర్యాలను ఏదో విధంగా భరించవచ్చు. అయితే ఎప్పుడైతే వందలూ, వేల సంఖ్యలో డయోడ్‌లు, ట్రయోడ్‌లు ఉన్న యంత్రాలు తయారుచేయబడ్డాయో, అప్పుడు వాల్వులలో ఉండే లోటుపాట్లు ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్ల అభివృద్ధికి అడ్డం వచ్చాయి.

కంప్యూటర్‌లో వేల సంఖ్యలో వున్న వాల్వులు వందల గంటలు పనిచేయగలవు. వాటిలో ఏ ఒకటయినా రోజుకి కొన్ని సార్లు చెడిపోయినా సరే కంప్యూటర్ మొత్తం పనిచేయడం మానేస్తుంది. అప్పుడు కంప్యూటర్ తన జీవితంలో అధిక భాగం మరమ్మతులోనే ఉంటుంది. ఏ రకం క్లిష్టమైన లెక్కలనీ అది వేయలేదు. అయితే ప్రతీ భాగానికీ ఒక రిజర్వు భాగాన్ని అమరుస్తూ కంప్యూటర్ విశ్వసనీయతని (నమ్మకత్వాన్ని) పెంపొందించవచ్చు. ఇది సరిగ్గా నాటకాలలో లాగానే జరుగుతుంది. నాటకంలో కృష్ణుడు వేషం వేసే వ్యక్తి జబ్బుపడినట్లయితే, అతనికి బదులు వేషం వేయడానికి రిజర్వు నటుడు (రెండవ కృష్ణుడు) సిద్ధంగా ఉంటాడు. అయినప్పటికీ సమస్యని పరిష్కరించడానికి ఇది సరైన మార్గం కాదు. ఎందుకంటే అనేక వాల్వులతో పనిచేసే ఒక కంప్యూటర్ అనేక గదులని ఆక్రమిస్తే, అదే సంఖ్యలో రిజర్వు వాల్వులని కలిపి కంప్యూటర్‌ని ఉంచడానికి ఇంక ఎంత స్థలం అవసరం అవుతుందో మీరే ఊహించుకోండి?

అటువంటి కంప్యూటర్ పనిచేయడానికి అవసరమయే శక్తి సంగతేమిటి? ఎందుకంటే, అటువంటి ఒక కంప్యూటర్‌కి అవసరమైన విద్యుచ్ఛక్తిని ఇవ్వగలిగే విద్యుత్ కేంద్రం ఒక పెద్ద నగరానికి సరిపడ విద్యుత్తుని సరఫరా చేయగలిగినదై ఉండాలి!

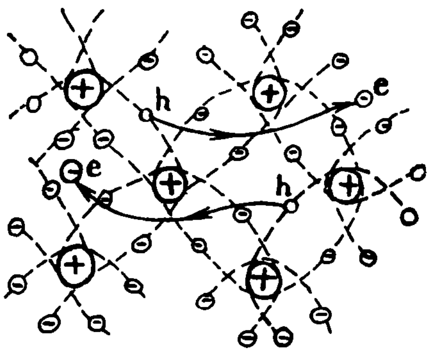
దీన్ని పరిష్కరించడానికి ఒకే ఒక ప్రత్యామ్నాయ మార్గం ఉంది. అది ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లని అర్ధవాహకాలతో నిర్మించడమే.

ఎలక్ట్రాన్‌ల, రంధ్రాల కలయిక

ఇదీ మూలాంశం

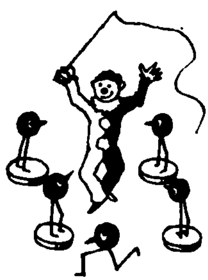
5. 26

లోహాల లోపల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయని మనం ఇప్పటికే ఎన్నో సార్లు చెప్పుకున్నాం. అయితే బంధకాల్లోనూ, అర్ధవాహక స్ఫటికాల్లోనూ అల్ప ఉష్ణోగ్రతల దగ్గర అటువంటి ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉండవు. ఇక్కడ అవన్నీ పరమాణువులతో కలిపి



e – ఎలక్ట్రాన్ h – రంధ్రం

వుంటాయి. ఉదాహరణకి, జెర్మానియం స్ఫటికాల్లో ప్రతీ పరమాణువుకి చెందిన బాహ్య కర్పరమూ నాలుగు బంధించబడిన ఎలక్ట్రాన్‌లతో ఏర్పడుతుంది. అదే సమయంలో ప్రతీ ఎలక్ట్రాన్ మీదా పక్కనున్న పరమాణువుల బలాలు పనిచేస్తూంటాయి. పక్కనున్న (పొరుగు) పరమాణువులు ప్రతీ ఎలక్ట్రాన్‌కీ నాలుగు వైపుల నుంచీ ''అంకెలు'' వేస్తూంటాయి.



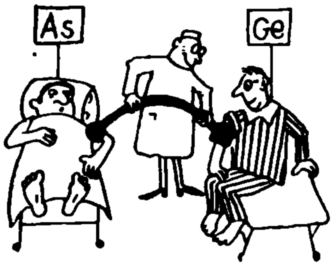
5. 27

ఆ నిర్మాణంలోకి బాహ్యకర్పరంలో 4 కాకుండా 6 ఎలక్ట్రాన్‌లుండే అన్య పరమాణువు వచ్చి చొరబడుతుంది. ఆ అన్య పరమాణువు స్ఫటిక జాలకంలోని ఒక ముడిలో స్థానం సంపాదించుకుంటుంది. అంతేకాకుండా, దాని నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లూ 5. 27 చిత్రంలో చూపబడిన నిర్మాణంలోలా వెంటనే స్థానం

సంపాదించుకుంటాయి. ఐదో ఎలక్ట్రాన్ మాత్రం ఖాళీగా మిగిలిపోతుంది. అటు వంటి "అధిక" ఎలక్ట్రాన్ వుండే అన్యపదార్థాలని "డోనర్" మలినాలని పిలుస్తారు. జెర్మానియం, సిలికాన్‌లకి డోనర్ మలినాలుగా ఆర్సెనిక్, ఆంటిమొనీలు పనిచేస్తాయి.

5. 28

అనేక పరమాణు డోనర్‌ల నుంచి "రక్తం ఎక్కించడం" ద్వారా సంపాదించిన జెర్మానియం లేక సిలికాన్ స్ఫటికాలు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లని పొందుతాయి. బాహ్య



వోల్టేజిని ఇచ్చినప్పుడు "రక్తం" స్ఫటికం గుండా ప్రసరించడం మొదలెడుతుంది. స్ఫటికంలో విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహిస్తుంది.

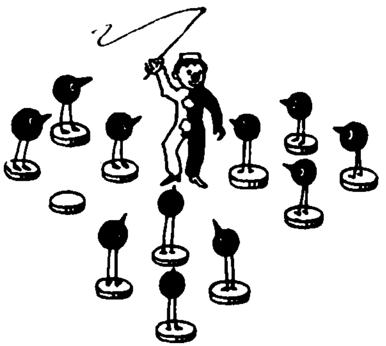
5. 29

అలాగే మలిన పదార్థంగా ఇండియమ్‌ని ఉపయోగించవచ్చు. దాని పరమాణు బాహ్యకర్పరంలో 5 కాకుండా 3 ఎలక్ట్రాన్‌లు ఉంటాయి. ఇండియమ్ పరమాణు ఎలక్ట్రాన్‌లు మూడింటికీ నిర్మాణంలో జాగా వుంటుంది. అయితే ఒక ఎలక్ట్రాన్ తక్కువగా ఉంటుంది. ఆ ఖాళీ జాగానే నిపుణులు "రంధ్రం" అని అంటారు. స్ఫటిక నిర్మాణంలో రంధ్రాలని ఏర్పరిచే మలిన పదార్థాలనే 'ఏక్సెప్టర్' మలిన పదార్థాలంటారు.



5\. 30

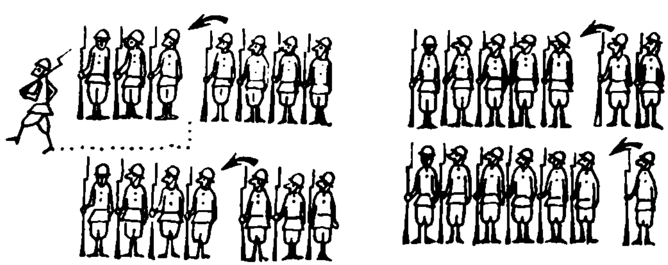
ఎక్కడైతే రంధ్రం ఏర్పడుతుందో అక్కడ కేంద్రకపు ఆవేశం అనంతులితంగా ఉంటుంది. అటువంటి పరమాణువుకి ఎక్కువ ధనాత్మక ఆవేశం ఉంటుంది. ధనాత్మక ఆవేశం గల పరమాణువు దగ్గరికి అన్ని వైపుల నుంచీ ఎలక్ట్రాన్‌లు వచ్చి చేరతాయి. వాటిలో దగ్గరగా ఉన్నది ఖాళీ జాగాని ఆక్రమించుకుంటుంది. అప్పుడు ఆ పరమాణువులో రంధ్రం మాయమైపోతుంది. అయితే ఏ పరమాణువు నుంచి ఎలక్ట్రాన్ ఇప్పుడే తప్పించుకుందో దానిలో రంధ్రం ఏర్పడుతుంది.



కొత్త రంధ్రంతో కూడా సరిగ్గా అంతకు ముందటి రంధ్రపు స్థితే ఏర్పడుతుంది: ఒక ఎలక్ట్రాన్ విడిచిపెట్టి వెళ్లగా ఏర్పడిన రంధ్రంలోకి ఇంకో ఎలక్ట్రాన్ వచ్చి చేరుతుంది. అప్పుడు రంధ్రం మూడో పరమాణువుకి మారుతుంది. పొరుగున వున్న నాలుగో పరమాణువు నుంచి కొత్త ఎలక్ట్రాన్ ఆ రంధ్రాన్ని చేరుతుంది. ఒకదాని తర్వాత మరొకటి ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒక వరుసలో ఖాళీ జాగాలకి వచ్చి చేరతూంటాయి. అలాగే ఆ ఖాళీ జాగా వాటికి ఎదురుగా కదులుతూ వెళ్తూంటుంది.

5\. 31

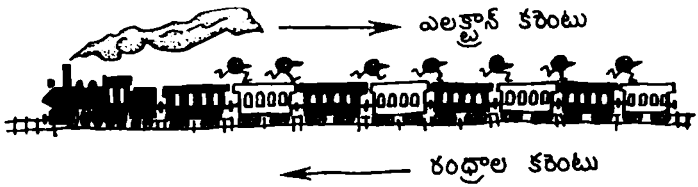
వరుసలో నుంచి సైనికుడు ఒకడు వెళ్లిపోయినప్పుడు, మిగతా సైనికులని దగ్గరగా జరగమని ఆదేశం వచ్చినప్పుడు సరిగ్గా అదే జరుగుతుంది. ప్రతీ సైనికుడూ



కుడి వైపుకు ఒక అడుగు జరుగుతాడు. ఖాళీ జాగా అప్పుడు ఎడమ వైపుకి కదులు తుంది. స్ఫటికంలో రంధ్రాలు సరిగ్గా అలాగే కదులుతాయి.

5. 32

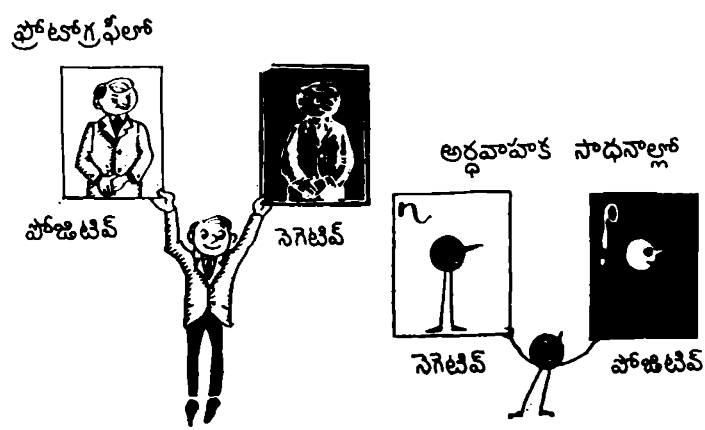
రంధ్రానికి ఆవేశం అంటూ ఉండదు. అయితే ఎక్కడైతే అది ఏర్పడుతుందో అక్కడ నుంచి ఒక ఎలక్ట్రాన్ వెళ్లిపోవడంవల్ల పరమాణు కేంద్రకం అనంతులి తంగా తయారవుతుంది. అంటే, రంధ్రం ఉన్న చోట ధనాత్మక ఆవేశం కొంత ఉంటుందన్నమాట. రంధ్రాల స్థానాలు మారుతూంటే వాటి వెనకాలే నీడలా ధనా



త్మక ఆవేశాల స్థానాలు కూడా మారతాయి. ఆవిధంగా ఒక ప్రత్యేకమైన 'రంధ్రపు విద్యుత్ ప్రవాహం' అనేది ఏర్పడుతుంది. వోల్టేజివి కల్పించడం మూలంగా స్ఫటి కంలో ఏర్పడిన క్షేత్రం ఆ ప్రవాహాన్ని కంట్రోలు చేస్తుంది. ధనాత్మక ఎలక్ట్రోడ్ వైపు ఎలక్ట్రాన్‌లు ప్రవహిస్తూ, దారిలో రంధ్రాలని నింపుకుంటూ వస్తాయి. రంధ్రాలు రుణాత్మక ఎలక్ట్రోడ్‌ల వైపు కదులుతాయి.

5. 33

డోనర్ మలిన పదార్థం ఇచ్చిన అధిక ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగి వున్న స్ఫటికానికి '*n*-రకం వాహకత్వం' ఉంటుందంటారు. వాహకత్వం రుణాత్మక ఆవేశాల, మూలంగా



ఏర్పడటంతో దీన్ని n-తో పేర్కొన్నాం. (n-నెగెటివ్‌కి, అంటే రుణాత్మకతకి వాడ బడింది).

అదే రంధ్రాలుంటే p-రకం వాహకత్వం ఉంటుంది. (p-పాజిటివ్‌కి వాడబడింది).

అదీకాదు, ఇదీకాదు

ఎన్నో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో వాల్వుల బదులు ఇప్పుడు అర్ధవాహకాలని ఉపయోగిస్తున్నారని ప్రత్యేకించి చెప్పాల్సిన అవసరం లేదు. ఎందుకంటే ఈ విషయం ఎవర్నీ ఆశ్చర్యపరచదు. అన్నిచోట్లా ఆ విషయం గురించే వింటాం. రైళ్లలో, పార్కుల్లో, వీధుల్లో యువ వయస్కులు చిన్న చిన్న రేడియోలని, ఆకర్షణీయమైన బెల్టులతో భుజానికి తగిలించుకుని ఉండటం చూస్తాం. అటువంటి గ్రాహకాన్ని సాధారణంగా ట్రాన్సిస్టర్లని పిలుస్తాం. నిజానికి ట్రాన్సిస్టరంటే గ్రాహకం కాదు. గ్రాహకంలో వుండే ఒక భాగం. రేడియో వాల్వు స్థానంలో ట్రాన్సిస్టరు వచ్చింది.

ఇదంతా మీకు తెలిసినదే. అయినా, నిజంగా ఏ ధర్మాల వలన అర్ధవాహకాలు అంత ఎక్కువగా వాడకంలోకి వచ్చాయి? అందులోనూ "అర్ధ" అన్నది మాత్రమే ఎందుకు?

ఎప్పటి నుంచి ఇంజనీరింగు విద్యుచ్ఛక్తితో పని ప్రారంభించిందో, అప్పటి నుంచీ అది రెండు రకాల పదార్థాలని వాడుతోంది. అవి బంధకాలూ, వాహకాలూను. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ప్రసారం చేయడానికి వాహకాలు అవసరం. దాని కోసం, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని అతి తక్కువగా విరోధించే స్వభావం గల పదార్థాలతో చేసిన విద్యుత్ తీగలని (రాగి, అల్యూమినియం, వెండి) ఉపయోగించేవారు. లఘు వలయం (షార్ట్ సర్క్యూట్) ఏర్పడకుండా ఉండటానికి, కావాల్సిన దిశలో విద్యుత్తు ప్రవహించడానికి ప్రతీ తీగనీ విద్యుత్తుని తన గుండా ప్రవహింపజేయని పదార్థంతో చుడతారు. అందుకనే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఎప్పుడైతే ప్రజలు వాడటం మొదలెట్టారో, అప్పటి నుంచీ బంధకాలూ వాడకంలో వున్నాయి.

తీగలని లోహాలతో తయారుచేస్తారు. లోహాలే కాకుండా, వాయువులూ, లవణ ద్రావణాలూ కూడా వాహకాలే (1. 12, 1. 13).

బంధకాలను పింగాణీ, గాజు, రబ్బరు లాంటి పదార్థాలతో తయారుచేస్తారు. గాలి కూడా బంధకమే. అందుకనే విద్యుత్తు ప్రవహించడం కోసం రేడియో వాల్వుల ఆచ్ఛాదనాలనుంచి గాలిని బయటికి తోడేస్తారు (1. 14).

అయితే, వాటికీ, వీటికీ, ఏ రకానికీ కూడా చెందని ధర్మాలున్న పదార్థాలు ఉన్నాయి. వాటినే అర్ధ వాహకాలని పిలుస్తున్నారు. అయితే వాటిని అర్ధబంధకాలని కూడా పిల



వచ్చును. ఈ పదార్థాలు బంధకాల కంటే కొంచెం మెరుగ్గా విద్యుత్తుని తమ గుండా ప్రవహింపజేస్తాయి. అదే సమయంలో వాహకాల కంటే బాగా తక్కువగా విద్యుత్తును ప్రవహింపజేస్తాయి. రెండు ముక్కల్లో చెప్పుకోవాలంటే అవి అధమ వాహకాలూ, అధమ బంధకాలూ, రెండూనూ. కొన్ని శుద్ధ మూలకాలకే (సిలికాన్, సెలెనియం, జెర్మానియం, టెల్లూరియం) అటువంటి ధర్మాలుంటాయి. అలాగే ఆ ధర్మాలు కొన్ని



రసాయన సంయోగ పదార్థాలకి, ఉదాహరణకి; కొన్ని లోహాల ఆక్సైడ్‌లకి, సల్ఫర్ సంయోగాలకి (సల్ఫైడ్‌లు)] లేక సెలెనియం సంయోగాలకి (సెలెనైడ్‌లు) కూడా ఉంటాయి. కొన్ని లోహ మిశ్రమాలు కూడా అర్ధవాహకాలుగా ప్రవర్తిస్తాయి.

బంధకాలలో లాగా అర్ధవాహకాలలో కూడా ఎలక్ట్రాన్‌లన్నీ పరమాణువులకి గట్టిగా బంధించబడి ఉంటాయి (5. 26). అర్ధవాహక స్ఫటికాలని వేడిచేసినప్పుడు కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు పరమాణువుల ప్రభావాన్నుంచి తప్పించుకుని బయటపడతాయి. అటువంటి ఎలక్ట్రాన్‌లు చాలా తక్కువ కాబట్టి వేడిచేయబడిన అర్ధవాహక స్ఫటికాల్లో ప్రవహించే విద్యుత్తు కూడా తక్కువగా వుంటుంది.

ఇదంతా ఏనాడో తెలిసిన విషయమే. జెర్మానియం ధర్మాలని మెండెలేయెవ్ ముందుగా ఊహించి చెప్పాడు. దాన్ని ఆవిష్కరించింది ఆయనే. దానికి మెండెలేయెవ్ ఎకాసిలికాన్ అని పేరుపెట్టాడు. ఆవిధంగా సిలికాన్‌తో దానికున్న సాన్నిహిత్యాన్ని ఆయన నొక్కి చెప్పాడు.

జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు విన్‌క్లెర్ జెర్మానియం ధర్మాలని ఎంతో క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేసి, తన మాతృదేశ గౌరవార్థం దానికి ఆ పేరునిచ్చారు. ఆ పేరే ఈ నాటికీ నిలిచి వుంది.

సహజంగానే, రసాయన శాస్త్రజ్ఞులకి జెర్మానియం, సిలికాన్‌లని రెండింటినీ అధ్యయనం చేయాల్సివచ్చింది. కాని ఎంతో కాలంపాటు విద్యుత్ ఇంజనీరింగు కాని, ఎలక్ట్రానిక్స్ కాని వాటిపట్ల ఏమాత్రం ఆసక్తినీ కనబరచలేదు. దానిలో వింతేమీ లేదు. నమ్మకమైన బంధకమూ కాకుండా, ఉత్తమ వాహకమూ కాకుండా వుండే పదార్థంవల్ల ఉపయోగం ఏముంటుంది? అటూ కాకుండా, ఇటూ కాకుండా, రెండింటికీ మధ్యలో ఎందుకూ పనికిరాకుండా ఉంటుంది.

మాయా బిందువు రహస్యం

సిలికాన్, జెర్మానియంల పట్ల ఎలక్ట్రానిక్స్ చాలా కాలం గడిచిన తర్వాతే ఆసక్తి చూపింది. మొట్టమొదట కొన్ని ఆక్సైడ్‌లు వాడకంలోకి వచ్చాయి. ముఖ్యంగా రెండు స్ఫటికాలు – జిన్‌కైట్, ఛాల్కోపైరైట్‌· ఆ స్ఫటికాలకి ఒక అద్భుత ధర్మం వుందని కనుగొనబడింది. అవి వాల్వ్‌గా పనిచేస్తాయి. అంటే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏక దిక్కృతం (రెక్టిఫై) చేస్తాయని తేలింది (డయోడ్‌లకి వుండే ఏక దిక్కృతం చేసే ధర్మం గురించి మీరు మర్చిపోయుంటే 1. 16 చూడండి). అలాంటప్పుడు వాటిని శోధనంలో ఉప

యోగించవచ్చు. అంటే, వాహక సంకేతాల నుంచి శ్రావ్యతా పౌనఃపున్య ప్రవాహాన్ని వేరుచేయడంలో అన్నమాట.

సరిగ్గా అలాగే వాటిని వాడారు. ఆశ్చర్యకరమైన విషయం ఏమిటంటే, తొలి రేడియో గ్రాహకాల్లో శోధన కోసం వాడింది నిజమైన అర్ధవాహకం కాని, మనం ఇంతసేపూ ఎంతగానో చెప్పుకున్న డయోడ్ కాదు. కాని వాటిని ఉపయోగించడంలో ఎన్ని ఇబ్బందులో!

మైక్రాన్‌లో పదుల వంతుండే మొన కలిగిన అతి సన్నని తీగతో స్ఫటికంలోని మాయా బిందువుని వెతకాల్సి వచ్చింది — ఆ మొన అతి కొంచెం పక్కకి జరిగిందా, వెంటనే ధ్వని మాయమైపోతుంది. మళ్లీ ఆ బిందువును పట్టుకోడానికి ఎంతో కాలం వెచ్చించవలసి వస్తుంది. ఆ బిందువు ఎక్కడుండాలో, దాని అద్భుతశక్తి రహస్యం ఏమిటో ఆ కాలంలో ఎవరికీ అంతుచిక్కలేదు. ఆ వెతుకులాటలో ఖర్మకాలి తీగ మొనకి తగిలి మాయా బిందువు బయటకి వచ్చేస్తే స్ఫటికంలో అలాంటి బిందువు రెండోది ఉంటుందో, లేదో! దాని కోసం తీగని ఒక స్ప్రింగుకి తగిలించి, దాని మొన స్ఫటికాన్ని సాధ్యమైనంత మృదువుగా తాకేలా స్ప్రింగుని నొక్కసాగారు.



ఆ మర్మం బాగా తెలిసినవాళ్లు ఆట్టేమంది ఉండేవారు కాదు. ఆ రోజుల్లో బిందువుని పట్టుకోగలిగిన తెలివైన సైనిక "శ్రోతల" విలువ సైనిక కేంద్రాల్లో ఇంతా అంతా కాకుండా ఉండేది. స్ఫటికాలకి బదులు వాల్వు డయోడ్‌లని ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రసాదించినప్పుడు ప్రతి వ్యక్తీ హమ్మయ్య అని పెద్దగా నిట్టూరుస్తూ ఊపిరి పీల్చుకున్నాడు.

ఇంతలో ట్రయోడ్‌లు రంగంలో ప్రవేశించాయి. వాటి పుణ్యమా అని, ఎంతో దూరం ప్రయాణించేసి నీరసపడిపోయిన సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చెయ్యడం సాధ్యపడింది. అన్ని చోట్లా వాల్వులు వాడకంలోకి వచ్చేశాయి. స్ఫటికాల సంగతి అందరూ మర్చిపోయారు.

స్ఫటికంలోని కొన్ని బిందువులు మాత్రమే శ్రావ్యతా పౌనఃపున్యాలని ఎందుకు వేరుచేయగలుగుతున్నాయో, అసలు సంకేతాలనే స్ఫటికాలు ఎలా శోధించగలుగుతున్నాయో రహస్యంగానే ఉండిపోయింది.

సర్క్యూలంలో ఒక చుట్టు

విజ్ఞానశాస్త్రం సర్పిలం చుట్లు వెంబడి పైపైకి అభివృద్ధిచెందుతూ సాగిపో తుందని గతితార్కికశాస్త్రం నిరూపిస్తోంది. పాత భావాలు ఇంకోలా కనిపించే రోజు వస్తుంది. ఆ కాలంలో విజ్ఞానశాస్త్రం ఇంకో "చుట్టు" పైకి వెళ్లడమే దానికి కారణం. సరిగ్గా స్ఫటికాల విషయంలోనూ అదే జరిగింది.

ఎంతో కాలంపాటు ఇంజనీరింగుకి సంబంధించిన అన్ని శాఖల అవసరాలనీ వాల్వు డయోడ్‌లు తీర్చాయి. కాని, పౌనఃపున్య మాపకంలో రాడార్ పైకి వెళ్లినకొద్దీ సాధా రణ డయోడ్ పని అసంతృప్తికరంగా తయారైంది. డయోడ్‌కి చెందిన కేథోడ్, ఆనో డ్‌ల మధ్య పారసైటిక్ క్షమత్వం ఉందనే విషయం మీకు తెలుసు. ట్రయోడ్ విష యంలో లాగానే పౌనఃపున్యం ఎక్కువైన కొద్దీ క్షమత్వ ప్రభావం ఇంకా బాగా కని పిస్తుంది. సెంటీమీటర్ వ్యాప్తిలో అటువంటి డయోడ్ అసలు పనిచేయలేదు. ఇక్కడే స్ఫటికాలకి పనితగిలింది.

అన్నట్లు అంతేకాదు, ఇంకో సందర్భం మూలంగా కూడా స్ఫటికాల సంగతి అందరికీ తెలిసింది. 1924లో నిజ్ని నొవొగోరద్‌లో బొంచ్ – బ్రుయేవిచ్ ఆధ్వర్యం లోని ప్రయోగశాలలో పనిచేస్తున్న శాస్త్రజ్ఞుడు ఒలెగ్ లోసెవ్ ఎలక్ట్రానిక్స్ చరిత్రలో మొట్టమొదటిసారిగా వాల్వులని ఉపయోగించకుండా ఆంప్లిఫికేషన్‌ని సాధించగలిగాడు. లోసెవ్ తాను ఉపయోగించిన సాధనాన్ని క్రిస్టాడైన్ అని పిలిచాడు. దానికి మూలం అర్ధవాహక స్ఫటికమే! అమెరికన్ పత్రిక, రేడియో న్యూస్ "సంచలనాత్మక ఆవిష్క రణ" అనే వ్యాసంలో దాని గురించి పేర్కొంది. ఇతర పత్రికలు క్రిస్టాడైన్‌ని "కొత్త యుగాన్ని సృష్టించే ఆవిష్కరణ" అని వర్ణించాయి. భవిష్యత్తులో వాక్యూమ్ వాల్వు లని తొలగించి వాటి స్థానంలో స్ఫటికాలు వస్తాయని అవి జోస్యం చెప్పాయి.

అయితే ఆ రోజుల్లో అది జరగలేదు. అన్ని అవసరాలనీ వాల్వులు తీర్చాయి. వాక్యూమ్ టెక్నిక్‌లు అభివృద్ధిచెందడం అప్పుడప్పుడే మొదలయింది. కాగా ప్రతి సంవత్సరం వాక్యూమ్ వాల్వుల కొత్త సుగుణాలనీ, ఊహాతీత అవకాశాలనీ వెలుగులోకి తీసుకువచ్చింది.

ఇంక అర్ధవాహక స్ఫటికాల సంగతి తీసుకుంటే, వాటి నిర్మాణాన్ని అధ్యయనం చేయడం విజ్ఞానశాస్త్రం అప్పుడే మొదలెట్టింది. ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి అవసరమైన మలినాలు లేని అతిశుద్ధ స్ఫటికాలని తయారుచేసే స్థితిలో సాంకేతిక శాస్త్రం లేదు. మొత్తానికి ఎలాగైతేనేం, మొట్టమొదటి స్ఫటిక గ్రాహకాలతో మొదలైనా, అర్ధ వాహక టెక్నిక్ అభివృద్ధి యింకా అప్పటికి ఒక్క "చుట్టుని" కూడా పూర్తిచేయలేకపోయింది.

రెండు దశాబ్దాల తర్వాత సమస్యని రాడార్ ఇంకోలా ప్రతిపాదించింది. స్ఫటి కాన్ని ఆధారం చేసుకుని, అత్యధిక పౌనఃపున్యాలకి ఒక కొత్త శోధకాన్ని రూపొందిం చాలి. అప్పటికి స్ఫటికాంకి సంబంధించిన ప్రధానమైన వివరాలు విజ్ఞానశాస్త్రం సేకరిం చింది. స్ఫటికాల్లో ప్రవాహపు ప్రభావం వేరుగా రుణాత్మక ఎలక్ట్రాన్‌ల ప్రవాహంగా గాని లేదా రంధ్రాల కదలిక వలన ఏర్పడిన ధనాత్మక ఆవేశాల ప్రవాహంగా గాని (5.27–5. 32) ఉంటుందని భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు తెలుసుకున్నారు.

వైర్‌లెస్ "శోతలు" ఎంతో కష్టం మీద వెతికి పట్టుకునే మాయా బిందువు శక్తికి కారణం దేనిలో వుందో అప్పుడు మాత్రమే అర్థమయింది.

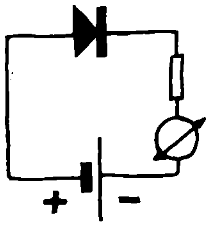
P–N కూడలులు అవసరమయ్యాయి

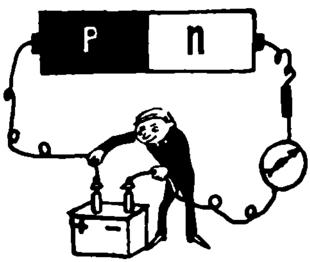
ఇదీ మూలాంశం

5. 34

అర్ధవాహక డయోడ్‌ని తయారుచేయాలంటే రెండు స్ఫటికాలని కలపాలి. వాటిలో ఒకదానికి *n*-రకం వాహకత్వం ఉంటే, రెండోదానికి *p*-రకం వాహకత్వం ఉండాలి (5. 33).

అటువంటి సాధనం వాల్వు డయోడ్ కంటే ఏమాత్రం తీసిపోకుండా రెక్టిఫై యర్‌గా పనిచేస్తుంది (1. 16). వోల్టేజి జనకపు ధనాత్మక కొనని *p*-రకం వాహ

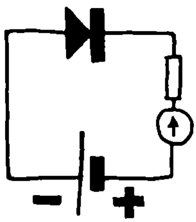


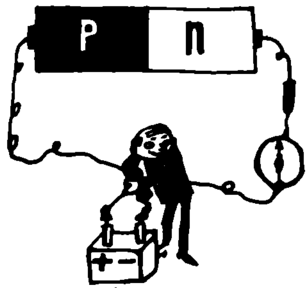


కత్వం కలిగిన స్ఫటికానికీ రుణాత్మక కొనని *n*-రకం వాహకత్వం కలిగిన స్ఫటికానికీ కలిపినట్లయితే అప్పుడు రెండు స్ఫటికాల మధ్య ఏర్పడిన స్పర్శా తలం గుండా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

5. 35

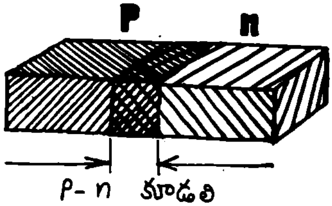
కొనలని తారుమారుచేస్తే, రెక్టిఫైయర్ ఆగిపోతుంది. వలయాన్ని డయోడ్ మధ్యలో తెంచేస్తుంది. ఎందుకు?





5. 36

n-రకం, *p*-రకం వాహకత్వం కలిగిన స్ఫటికాల మధ్య స్పర్శా తలం దగ్గర *p—n* కూడలి అనబడే ఒక ప్రత్యేకమైన మండలం ఏర్పడుతుంది. *p—n* కూడలి మందం మైక్రాన్‌లో అనేక పదుల వంతు మాత్రమే ఉంటుంది. అయినప్పటికీ అర్ధవాహక టెక్నిక్‌లలో అతి ప్రధానమైన పాత్ర వహించేది ఆ పల్చటి పొరే.

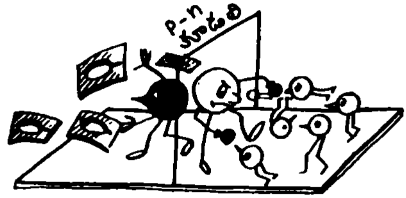


5. 37

ప్రతీ డోనర్ పరమాణువూ తన ఐదు ఎలక్ట్రాన్‌లలో ఒకదాన్ని ఇచ్చేసి, తాటస్థ్యాన్ని కోల్పోయి ధన అయనుగా మారుతుంది.

యాక్సెప్టర్ల వ్యవహారం దానికి భిన్నంగా ఉంటుంది. అవి తమకున్న మూడు ఎలక్ట్రాన్‌లకి నాలుగోదాన్ని కలుపుకుని ఋణ అయాన్లుగా మారడానికి చూస్తూంటాయి.

p—n కూడలి దగ్గర గుంపుగా చేరేది సరిగ్గా ఆ అయాన్లే.

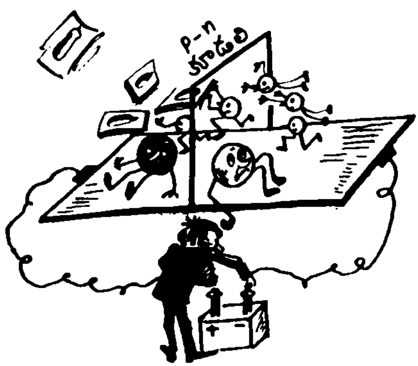


రుణ అయాన్లు తమ వైపున్న స్వేచ్ఛాఎలక్ట్రాన్‌లని "వెనక్కి తోసేస్తుంటే" ధన అయాన్‌లేమో రంధ్రాలు కదలకుండా అడ్డుపడుతూంటాయి. ఆవిధంగా $p—n$ కూడలి మండలం ఎలక్ట్రాన్‌లకి, రంధ్రాలకి ఒక రకం అవరోధంలా తయారవుతుంది.

5. 38

స్ఫటిక డయోడ్‌ని నేరుగా కలిపినపుడు వోల్టేజి జనకపు ధనాత్మక కొన n–రకం వాహకత్వం వైపు కలవబడి వుంటుంది. జనకపు ధన ధ్రువం ధన ఆవేశాలని $p—n$ కూడలి మండలం వైపు "నెట్టుతుంది." ఆ అడ్డంకిని అవి అధిగమించడంలో సహాయపడుతుంది. అదేవిధంగా రుణ ధ్రువం ఎలక్ట్రాన్‌లు కదలడంలో సహాయపడుతుంది.

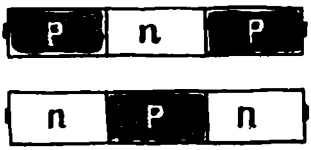
ఆ రెండు రకాల ఆవేశాలూ ఒకదానివైపు మరొకటి చలిస్తాయి. అప్పుడు డయోడ్‌లో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది (5. 34).



అదే, ధ్రువాలని తారుమారుగా కలిపితే వోల్టేజి జనకపు ధ్రువాలు ఎలక్ట్రాన్‌లని, రంధ్రాలని కూడలినుంచి దూరంగా "లాగేస్తాయి" అప్పుడు అవరోధం దాటడం కష్టమైపోతుంది. డయోడ్‌లో విద్యుత్ ప్రవహించదు (5. 35, 5. 37).

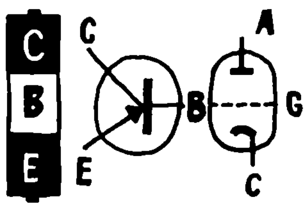
5. 39

అర్ధవాహక ట్రయోడ్ (ట్రాన్సిస్టరు)కి రెండు *p—n* కూడళ్ళుంటాయి. *n*-, *p*-రకం వాహకత్వం కలిగిన వాటి భాగాలని వేర్వేరుగా కలపవచ్చు. అందుకనే రెండు వేర్వేరు రకాల ట్రాన్సిస్టర్లు వున్నాయి. అవి *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్లు, *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్లూను.



5. 40

ట్రాన్సిస్టర్లో ఉద్గారకం *E* కేథోడ్‌లా పనిచేస్తుంది. ఇదే అన్ని ఆవేశాలకి మూలంగా ఉంటుంది. వాటి కదలిక వలన విద్యుత్ ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. సంగ్రహణకారి *C* ఆనోడ్‌లాగా పనిచేస్తుంది. పీఠం (బేస్) *B* గ్రిడ్‌లా పనిచేస్తుంది.

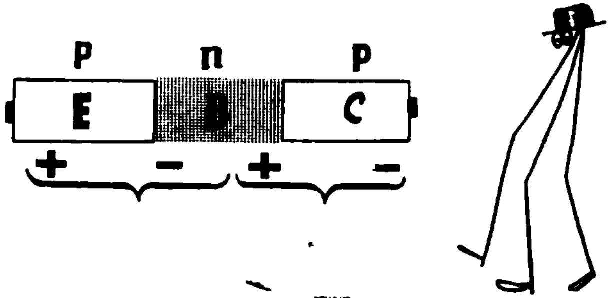


ఆంప్లిఫికేషన్ కావలసివచ్చినప్పుడు, నివేశ (ఇన్‌పుట్) సంకేతాన్ని *E—B* భాగానికి (ఉద్గారకానికి, బేస్‌కి మధ్యన) అందిస్తారు. *B—C* భాగానికి (బేస్ – సంగ్రహణకారి) భారాన్ని (నిరోధకం) కలిపిన తర్వాత ట్రాన్సిస్టర్ ద్వారా ఆంప్లిఫై అయిన సంకేతాన్ని భారం నుంచి పొందవచ్చు.

ఆంప్లిఫికేషన్ ఎలా జరుగుతుంది?

5. 41

E—B భాగం ఒక తెరచుకొన్న (ఓపెన్) వాల్వులా పనిచేస్తుంది. బయటనుంచి కలపబడిన బేటరీ ఎలక్ట్రాన్‌లకూ, రంధ్రాలకూ అవరోధాన్ని అధిగమించడంలో తోడ్పడుతుంది (సరిగ్గా 5. 34 చిత్రంలో లాగా).

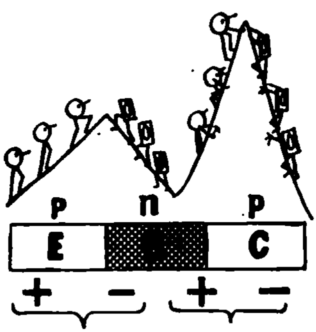


B—C భాగం కట్-ఆఫ్ వాల్వులా వుంటుంది. వాహకాలు అవరోధాన్ని దాటకుండా బేటరీ అడ్డంపడుతుంది (సరిగ్గా 5. 35 చిత్రంలో లాగా).

దాని ఫలితంగా *E—B* భాగపు నిరోధం అతి స్వల్పంగా ఉంటుంది. అదే సమయంలో *B—C* భాగపు నిరోధం చాలా ఎక్కువగా వుంటుంది.

5. 42

రెండు అవరోధాలనీ దాటివెళ్లే విద్యుత్ ప్రవాహంలో దాదాపు ఎటువంటి మార్పులూ ఉండవు. ఇంకా కచ్చితంగా చెప్పుకోవాలంటే, విద్యుత్ ప్రవాహం కొంచెం తగ్గుతుంది కూడానూ. కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు, రంధ్రాలతో కలిసి ఏకమై ''ఖాళీ జాగాలని'' భర్తీ చేయడమే దానికి కారణం. అలా జరగడాన్నే 'పు న స్సం యో గ మ ని' పిలుస్తారు.



సాధారణంగా మూడు శాతాన్ని మించి ఆవేశాలు పునస్సంయోగం చెందవు. దానర్థం *B—C* కూడలి నుంచి వచ్చే విద్యుత్ ప్రవాహం *E—B* కూడలి నుంచి వచ్చే విద్యుత్ ప్రవాహంలో 97 శాతం ఉంటుందన్నమాట. అదే సమయంలో *B—C* కూడలి (కట్-ఆఫ్ వాల్వు) నిరోధం *E—B* కూడలి (ఓపెన్ వాల్వు) నిరోధం కంటే పదుల రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. అంటే విద్యుత్ ప్రవాహం దాదాపు ఒకటే కాని ఇన్‌పుట్ నిరోధం

కంటే అవుట్‌పుట్ నిరోధం పదుల రెట్లు ఎక్కువగా వుంటుంది. ఓమ్ నియమం ప్రకారం, అవుట్‌పుట్ దగ్గర సంకేతపు వోల్టేజి కూడా ఇన్‌పుట్ దగ్గర సంకేతపు వోల్టేజి కంటే పదుల రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఆంప్లిఫికేషన్ ఆవిధంగా జరుగుతుంది.

వైర్‌లెస్ 'శ్రోతలు' వెతుకుతున్నదేమిటి?

మాయా బిందువుని వెతికి పట్టుకునే కళలో "శ్రోతలు" ప్రావీణ్యం సంపాదిస్తున్న కాలంలో విద్యుత్ ప్రవాహ ఏక దిక్కరణం లోహానికీ, స్ఫటికానికీ మధ్య వుండే సరిహద్దు దగ్గర జరుగుతుందని భావించేవారు. అంటే తీగ మొన స్ఫటికాన్ని తాకే చోటన్నమాట. కాని ఏక దిక్కరణం, శోధనాలు పూర్తిగా వేరే విధంగా జరుగుతాయని తేలింది. ఆక్సిజన్, గాలిలోని తేమల మధ్య జరిగే చర్యా ఫలితంగా స్ఫటికం ఉపరితలం ఆక్సైడ్ పొరతో కప్పబడుతుంది. కొన్ని స్ఫటికాల్లో అదృష్టవశాత్తూ ఆ పొరకి కూడా అర్ధ వాహక ధర్మాలుంటాయి. దానికితోడు ఏక దిక్కరణం సాధించడానికి ఆ పొర వాహకత్వపు రకం, స్ఫటిక వాహకత్వపు రకానికి భిన్నంగా ఉండాలి. స్ఫటికంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లు ఎక్కువగా వుంటే (*n*-రకం వాహకత్వం), ఆక్సైడ్ పొర వాహకత్వం *p*-రకం అయితీరాలి. అలాంటప్పుడు స్ఫటికం, ఆక్సైడ్ పొరతో కలిపి ఏకదిక్కరిణిగా (రెక్టిఫైయర్‌గా) రూపొందుతుంది. అది 5. 34 చిత్రంలో చూపబడినట్లు ఉంటుంది.

యాదృచ్ఛిక ఫలితాల మూలంగా ఆక్సైడ్ పొర ఏర్పడుతుంది. అయితే దాని ప్రాధాన్యత ఎవరికీ తెలియదు. స్ఫటికం మీదున్న పొర ఎంత సమంగానూ, గట్టిగానూ వుందో ఎవరూ పరీక్షించలేదు. అటువంటి పరిస్థితుల్లో, సహజంగానే పొర పలుచగానూ తగినంత గట్టిగానూ వుండి స్ఫటికంతో కలిపి *p—n* కూడలిని ఏర్పరిచిన బిందువును వెతికి పట్టుకోవడమనేది పూర్తిగా యాదృచ్ఛికమే. పలుచని పొరని తీగ మొనతో కొంచెం గీకుతే చాలు కూడలి మాయమైపోవడానికీ, స్ఫటికం ఏక దిక్కరణం ఆపెయ్యడానికి అది సరిపోయేది. అందుకనే స్ప్రింగుని వాడటం తీగ మొనతో అతి నాజూకుగా తాకుతూ మాయా బిందువుని వెతికి పట్టుకునే ప్రయత్నాలూ జరిగాయి.

ఆ రోజుల్లో రెండు వేర్వేరు స్ఫటికాలని — జిన్‌కైట్, ఛాల్కోపైరైట్‌లని ఒక దాన్నొకటి తాకేలా చేయడం ద్వారా కూడలి-డయోడ్‌లని తయారుచేసే ప్రయత్నం

జరిగింది. మళ్లీ యిక్కడ కూడా ఆక్సైడ్‌ల అసమాన ఉపరితలం మూలంగా (వాటి ఉపరితలమే *p*-, *n*- రకాల వాహకత్వాన్ని ఏర్పరిచేది) ఏక దిక్కరణం, స్పర్శా ఉపరి తలం అంతటా కాకుండా కొన్ని విడి బిందువుల దగ్గర మాత్రమే చోటుచేసుకునేది.

మెరుగైన స్ఫటిక గ్రాహకాల స్థానంలో వాల్వు సూపర్ హెటెరోడైన్ గ్రాహకాలు వాడుకలోకి వచ్చినప్పటి నుంచి చాలాకాలం గడిచిన తర్వాత మాత్రమే ఆ విషయం అంతా తెలిసింది. "వైర్‌లెస్ శ్రోతలు" ఎంతో నిపుణులైన రేడియో ఆపరేటర్లయి భూగోళం మీద ఏ మారుమూల ప్రాంతంలోనైనా నమ్మకమైన వార్తాసంబంధాలు ఏర్పరచుకో గలిగారు. అప్పుడు సెంటీమీటర్ అవధిలోని తరంగాల కోసం స్ఫటిక శోధకాన్ని రూపొం దించే ఇంకో కొత్త సమస్యని పరిష్కరించాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది.

ఆనాటికి ఘన స్థితిని (సాలిడ్-స్టేట్) అధ్యయనం చేసే భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు స్ఫటి కాల స్వభావాన్నీ, అర్ధవాహకాల్లో జరిగే విద్యుత్ దృగ్విషయాలనీ బాగా అధ్యయనం చేశారు. ఈ సందర్భంలో సోవియట్ శాస్త్రజ్ఞుడు, అకడెమీషియన్ అబ్రామ్ ఇయొఫె, జపానుకి చెందిన శాస్త్రజ్ఞులు టొరికాటు, యొకొయామ, జర్మనీకి చెందిన కార్ల్ బ్రౌన్, ఇంగ్లండుకి చెందిన ఐకిల్స్‌లు చేసిన పరిశోధనలు ఎంతో ప్రధానమైనవి.

అలాగే *n*-, *p*-రకం వాహకత్వం పొందడం కోసం అవసరమైన అన్యపదార్థాలని కలిపి శుద్ధమైన సిలికాన్, జెర్మానియం స్ఫటికాలని ఉత్పత్తిచేసే ప్రక్రియలని సాంకే తికశాస్త్రం క్షుణ్ణంగా తెలుసుకుంది.

ఆ విజయం విలువ ఎంతో మీకు అర్థంకావాలంటే కింద పేర్కొన్న అంకెలు సహాయపడతాయి: అర్ధవాహక సాధనాల తయారీలో వాడే స్ఫటికాల్లో, ఒక మిలియార్డ్ జెర్మానియం పరమాణువులకి ఒకే ఒక్క అనవసర మలిన పదార్థపు పరమాణువు ఉండ వచ్చు. అదే 1000 మిలియార్డుల సిలికాన్ పరమాణువుల్లో ఒకే ఒక్క మలిన పదార్థపు పరమాణువు ఉండవచ్చు. *n*-, *p*-రకం వాహకత్వం కలిగిన అటువంటి అతి శుద్ధ స్ఫటికాలనే వాక్యూమ్ వాల్వుల స్థానంలో పనిచేసే సాధనాలని – అర్ధవాహక డయోడ్‌లూ (5. 34), అర్ధవాహక ట్రయోడ్‌లూ, లేక ట్రాన్సిస్టర్లని (5. 40) తయారుచేయడానికి ఉపయోగిస్తున్నారు. మొట్టమొదటి ట్రాన్సిస్టర్‌ని అమెరికన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు బార్డీన్, బ్రెట్టెయిన్‌లు 1948లో రూపొందించారు. *p*-రకం వాహ కత్వం కలిగిన రెండు స్పర్శా బిందువులని *n*-రకం వాహకత్వం కలిగిన జెర్మానియం స్ఫటికంలోకి గలనం (ఫ్యూజ్) చేశారు. ఆ తర్వాత 'కూడలి' ట్రాన్సిస్టర్ల (5. 36) నుంచి అటువంటి ట్రాన్సిస్టర్లని గుర్తించడానికి వాటిని బిందు (పాయింట్) ట్రాన్సిస్టర్లని పిలవనారంభించారు.

కూడలి-ట్రాన్సిస్టరు నమూనా (ప్రోటోటైప్)ని అమెరికన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త షాక్లీ 1951లో రూపొందించాడు.

ఆ ఆవిష్కరణల విశిష్టతని ప్రపంచం ప్రశంసించింది. తొలి ట్రాన్సిస్టర్ల ఆవిష్కర్తలకి ముగ్గురికీ నోబెల్ బహుమతి ప్రదానం చేయబడింది. ఇది ఆ సంఘటన ప్రాధాన్యతని నొక్కిచెప్తోంది.

ట్రాన్సిస్టర్లు రంగంలో ప్రవేశించడంతో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల రూపకర్తలందరూ వాక్యూమ్ వాల్వులని పూర్తిగా మర్చిపోవడం మొదలెట్టారు. పైగా ఎక్కడ వీలైతే అక్కడ అర్ధవాహకాలని ఎంచుకోవడం మొదలెట్టారు. అర్ధవాహకాలు పరిమాణంలో చిన్నవి అవడమే కాకుండా, వాటిలో ఇంకా ఎన్నో సదుపాయాలు ఉన్నాయి. అవి తక్కువ శక్తిని వాడుకుంటాయి, అలాగే శూన్య వాల్వులు పనిచేసే కాలంకంటే పది రెట్లు ఎక్కువ కాలం పనిచేస్తాయి.

అర్ధవాహక డయోడ్ లేక ట్రాన్సిస్టర్లకి హీటరు గాని ఫిలమెంటు గాని అవసరం లేదు. కాని ఇవి లేకపోయినట్లయితే వాక్యూమ్ వాల్వులు పనిచేయలేవు. ఇది ఒక చిన్న విషయంగా కనిపిస్తున్నా అది ఎన్నో ప్రధానమైన పర్యవసానాలకి దారితీస్తుంది. వాక్యూమ్ వాల్వులు తీసుకునే శక్తిలో దాదాపు సగం భాగం వాటి హీటర్లని (ఫిలమెంటులని) వేడెక్కించడానికే ఖర్చయిపోతుంది.

వాల్వుని ఆన్, ఆఫ్ చేసినప్పుడు ఫిలమెంటు వేడెక్కుతుంది, మళ్లీ చల్లారుతుంది. అటువంటి తీవ్రమైన మార్పుల మూలంగా అది వాల్వులోని ఇతర భాగాల కంటే బాగా త్వరగా పాడైపోతుంది. "తాడు ఎక్కడ బలహీనంగా వుంటే అక్కడే తెగుతుందని" ఒక సామెత వుంది. వాక్యూమ్ వాల్వులో అతి బలహీనమైన స్థానం ఫిలమెంటే. వాక్యూమ్ వాల్వు ఏది పాడైపోయినా అదెంతో ఇబ్బందికి దారితీస్తుంది. ఎందుకంటే మొత్తం వ్యవస్థ పనిచేయడం మానేస్తుంది. అసంఖ్యాకంగా వుండే వాల్వుల్లో (ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లలో వుండే వేల వాల్వుల్లో) ఎప్పుడు ఏది పాడైపోతుందో కనుక్కోవడం అంత తేలికైన విషయం కాదు. వీలయిన చోటల్లా అర్ధవాహక సాధనాలని ఎంచుకోవడానికి, నిపుణుడికి ఫిలమెంటు లేకపోవడమనే విషయం ఒకటి చాలు. దానికి తోడు వాటి అధిక విశ్వసనీయత, చిన్న పరిమాణం, తక్కువ బరువులని కూడా పరిగణనలోకి తీసుకుంటే, అర్ధవాహక సాధనాల అవతరణ ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి పునర్జన్మలాంటిది అనే విషయం స్పష్టంగా అర్థమవుతుంది. అప్పుడే ఎంతో ఫలవంతమైన నూతన దశ ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిలో మొదలైంది.

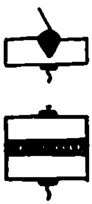
అర్ధవాహకాల సహాయంతో

ఇదీ మూలాంశం

5. 43

అర్ధవాహక డయోడ్‌లలో వాడే స్పర్శా బిందువులు, అంతకు మునుపు వైర్‌లెస్ వ్యక్తులకి ఎంతో ఇబ్బంది కలిగించిన తీగ మొనలని తోసిరాజన్నాయి.

స్పర్శా బిందువులుండే డయోడ్‌లు అత్యధిక పౌనఃపున్యాల దగ్గర శోధనకి ఎంతో వీలుగా ఉంటాయి. ఎందుకంటే స్పర్శా బిందువు క్షమత్వం అతి స్వల్పంగా ఉంటుంది. అయితే దానికి కూడా ఒక లోటు లేకపోలేదు. ఆ స్పర్శా బిందువు ఎక్కువ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని తనగుండా పోనివ్వలేదు.



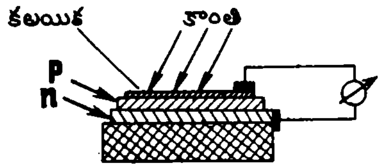
శక్తివంతమైన సంకేతాలని పట్టుకోవడానికి (శోధించడానికి, భారీ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏక దిక్కరణం చేయడానికి 'కూడలి-డయోడ్' లని రూపొందించారు. ఆ డయోడ్‌ల క్షమత్వం చెప్పుకోదగినంత ఎక్కువగానే ఉంటుంది. అయినా అవి 2 000 ఆంపియర్ల దాకా మాత్రమే విద్యుత్తుని ప్రవహింపచేయగలవు.

5. 44

అర్ధవాహక డయోడ్ అనేక రంగాలలో ఉపయోగించబడుతోంది.

'ఫొటో డయోడ్' లని పిలవబడే (ఇవి కాంతి శక్తిని విద్యుత్ ప్రవాహంగా మారుస్తాయి) వాటిని ఎంతో విస్తృతంగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

ఫొటోడయోడ్‌లు గల "కళ్ళు" ఎన్నో కర్మాగారాల్లో శ్రామికులని కాపాడుతూంటాయి. పొరపాటున అతను ప్రమాదకరమైన మండలంలోకి చేయి పెట్టాడనుకోండి. అప్పుడు ఆ చేయి కిరణపుంజం ప్రసారానికి అడ్డం వస్తుంది. అప్పుడు ఫొటోడయోడ్ నుండి సంకేతం, వెంటనే పనిచేస్తున్న యంత్రాన్ని ఆపేస్తుంది.



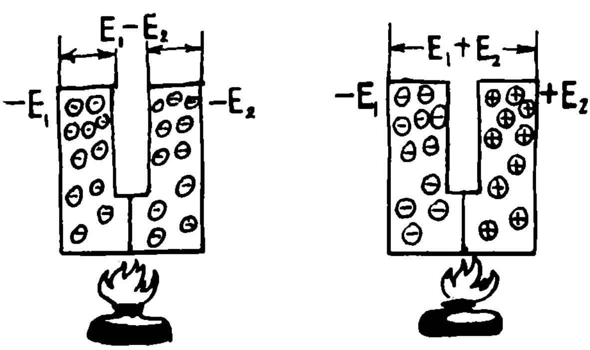
విద్యుత్ స్పందన గణకాలతో కలిపి ఫొటో డయోడ్‌లు కర్మాగారంలో ఏ ఉత్పాదితాలనైనా సరే (సబ్బులు, సిగరెట్లు, అగ్గిపుల్లలు, సూదులు, కారు చక్రాలు, లేక భూమిలోని మెట్రో ప్రయాణీకుల సంఖ్య) లెక్కపెట్టగలవు. కన్వేయర్ బెల్టు మీద



మంచి వస్తున్న భాగాల్లో చెడ్డవాటిని ''కన్ను'' వేరుచేసి తీసేయగలదు. ఆ భాగానికి సరిపడినన్ని రంధ్రాలు లేకపోతే ''కన్ను'' ఒక ఆటోమేటిక్ సాధనానికి సంకేతాన్ని పంపుతుంది. ఆ సాధనం లోపం వున్న భాగాన్ని బెల్టు మీద నుంచి తీసివేస్తుంది.

5. 45

అర్ధవాహకాల పుణ్యమా అని విద్యుచ్ఛక్తిని ఈరోజున నేరుగా ఉష్ణంనుంచి పొందగలుగుతున్నాం.



లోహ తాప యుగ్మాలు (థెర్మో కపుల్‌లు) అర్ధవాహక రూపాంతరీకరణుల కన్న ముందే వాడుకలో వున్నాయి.

లోహపు కడ్డీలు వేడెక్కినప్పుడు పరమాణు కర్పరాల నుంచి ఎలక్ట్రాన్‌లు బయటపడి స్వేచ్ఛని పొందుతాయి (1. 8). ఉష్ణోగ్రత పెరిగేకొద్దీ ఎలక్ట్రాన్‌ల కదలికలు ఇంకా ఇంకా తీవ్రతరమవుతాయి. జాగా వాటికి ఇరుకై పోతుంది. అవి చల్లటి కొసల దగ్గరికి ప్రవహిస్తాయి. తాప యుగ్మంలో కడ్డీలు వేర్వేరు లోహాలతో తయారు చేయబడి ఉంటాయి. అందుకని కొసల దగ్గర ఆవేశాలకి ఒకే గుర్తు ("మైనస్") ఉంటుంది. అయితే వాటి పరిమాణాల్లో తేడా ఉంటుంది. ఒక కొస దగ్గర ఆవేశాల పరిమాణం రెండో కొస దగ్గర కంటే చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. దాని ఫలితంగా, రెండు కొసల దగ్గరా పొటెన్షల్‌లలో తేడా (E_1-E_2) ఏర్పడుతుంది.

అదే లోహాలకి బదులు *p*-, *n*-రకం వాహకత్వం కల అర్ధవాహక కడ్డీలని తీసుకుంటే ఒక కొస దగ్గర ఎలక్ట్రాన్‌లు, రెండో కొస దగ్గర రంధ్రాలు పోగవుతాయి. ఆ కొసల మధ్య పొటెన్షల్ భేదం, తాప యుగ్మంలోని కొసల మధ్య పొటెన్షల్ భేదం కంటే చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే ఒక కొస దగ్గర ధన ఆవేశం, రెండో కొస దగ్గర రుణ ఆవేశం ఉంటాయి.

అందుకనే లోహపు తాప యుగ్మాల సామర్థ్యం కంటే, అర్ధవాహక తాప యుగ్మాల సామర్థ్యం యాభై రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

5. 46

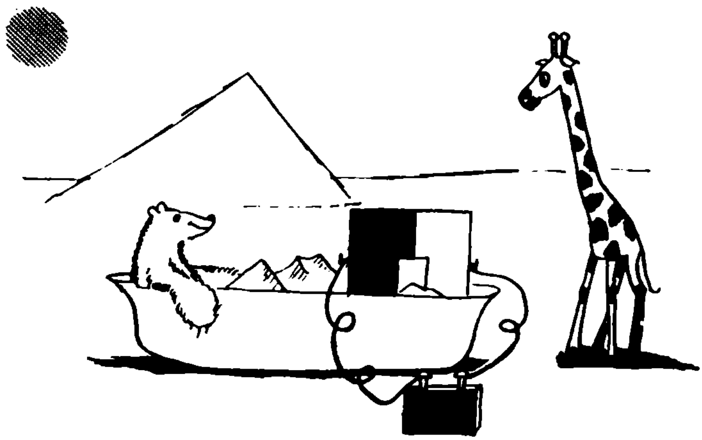
ప్రకృతిలో ఉత్క్రమణీయ (రివెర్సిబుల్) దృగ్విషయాలు ఎన్నో ఉన్నాయి.

ఉత్క్రమణీయతని ఎలక్ట్రానిక్స్ కూడా ఉపయోగించుకుంటుంది. కొన్ని సాధనాల్లో విద్యుత్ ప్రవాహం అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. మరికొన్ని సాధనాల్లో ఏకాంతర అయస్కాంత క్షేత్రం విద్యుత్తు ప్రవహించేలా చేస్తుంది.

ఉత్క్రమణీయత అనేది తాప యుగ్మాలకి కూడా ఉంటుంది.

అర్ధవాహక, లోహపు కడ్డీల కొస దగ్గర ఉష్ణోగ్రతల్లో తేడా ఆ కొసల మధ్య పొటెన్షల్ భేదాన్ని ఏర్పరుస్తుంది (5. 45). దానికి వ్యతిరేకంగా బాహ్య వోల్టేజి జనకాన్ని ఉపయోగిస్తూ తాప యుగ్మం కొసల్లో పొటెన్షల్ భేదాన్ని సృష్టిస్తే అర్ధవాహక లేక లోహపు కడ్డీల కూడలి దగ్గర ఉష్ణోగ్రతా భేదం ఏర్పడుతుంది.

మునుపు అకడెమీషియన్ లెంట్స్ అటువంటి ప్రయోగాలనే నిర్వహించాడు. దిగ్భ్రాంతి చెందిన శ్రోతల ముందు (ఆ రోజుల్లో సెయింట్ పీటర్స్‌బర్గ్‌లో ఆయన

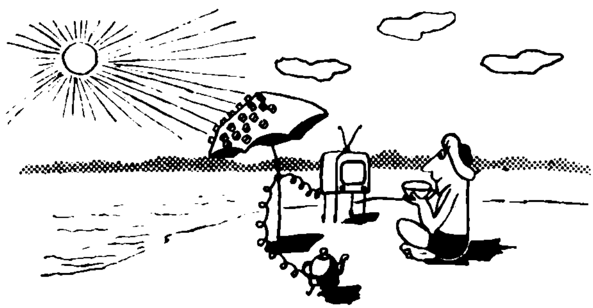


ఉపన్యాసాలని ఇచ్చేవాడు) లోహపు తాప యుగ్మం సహాయంతో లెంట్జ్ నీటి బిందువుని మంచు ముక్కగా మార్చాడు.

అయితే, లోహ తాప యుగ్మాలు కొన్ని డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతా భేదాన్ని మాత్రమే ఏర్పరచగలవు. అదే అర్ధవాహక తాప యుగ్మ సహాయంతో 60 డిగ్రీల దాకా ఉష్ణోగ్రతా భేదాన్ని సాధించవచ్చు. అది తక్కువేమీ కాదు.

5. 47

రేడియోధార్మిక, ఉష్ణ, కాంతి, ముఖ్యంగా సూర్య కిరణాలు మొదలైన ఎన్నో రకాల వికిరణ శక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చడం అర్ధవాహకాల వలన సాధ్యపడింది.

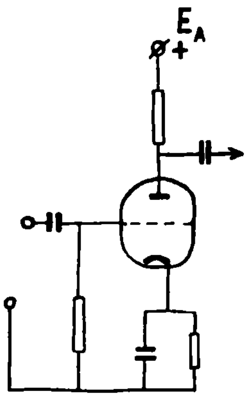


కృత్రిమ ఉపగ్రహాలకి సౌర బేటరీలు ఎంతో అనువుగా ఉంటాయి. అంతరిక్షంలో మబ్బులంటూ ఎన్నడూ ఉండవు. మబ్బులన్నీ కిందనే ఉండిపోతాయి.

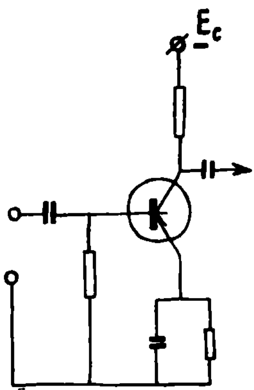
అర్ధవాహక డయోడ్ని రేడియోధార్మిక పదార్థానికి దగ్గర్లో ఉంచితే పరమాణు బేటరీ తయారవుతుంది. అది మళ్లీ ఎన్నో సంవత్సరాలపాటు విద్యుచ్ఛక్తిని సరఫరా చేయగలుగుతుంది.

5. 48

ఇంజనీరింగులో 'ట్రాన్సిస్టర్లు' ఒక నిజమైన విప్లవాన్ని తీసుకువచ్చాయి. దానిలో ఆశ్చర్యమేమీ లేదు. వాల్వు ట్రయోడ్లు రావడంతో ఎలక్ట్రానిక్స్ ముందు ఎన్ని అవకాశాలు ప్రత్యక్షమయాయో మీకు గుర్తుండవచ్చు. డోలకాలు, ఆంప్లిఫైయర్లు, మిక్సెర్లు, రేడియో సంకేతాల మాడ్యులేటర్లు – ఎన్నో రకాల గ్రాహకాలూ, ప్రసారిణులు, ఈరోజున మానక వలయాలు వీటన్నిటినీ రూపొందించడం ట్రయోడ్ మూలంగానే సాధ్యపడింది.



ఎలక్ట్రాన్ - వాల్వ్ ఆంప్లిఫైయర్



ట్రాన్సిస్టర్ ఆంప్లిఫైయర్

వాల్వు ట్రయోడ్కి ఏమాత్రం తీసిపోకుండా ట్రాన్సిస్టరు సంకేతాన్ని ఆంప్లిఫై చేయగలదు. దానికుండే స్వభావసిద్ధమైన వక్రంలో కూడా వక్రరేఖీయ భాగాలుండటం వలన సంకేతాలతో సాధ్యమయే రకరకాల పరిక్రియలన్నింటినీ అది నిర్వహించగలదు. "వికృత ప్రతిబింబాలను చూపే అద్దాలరాజ్యం" అని మనం పిలిచిన విస్తృత క్షేత్రం గురించి మనం చెప్పుకున్నప్పుడు ఆ పరిక్రియల గురించి తెలుసుకున్నాం.

ఎలక్ట్రానిక్ 'మెదడు' నిర్మాణ పథకం

అర్ధవాహకాల సాధనాలు వుండే క్షేత్రాలు ఎన్నో ఉన్నాయి. వాటినన్నిటినీ మామూలు పట్టికలో వరుసగా రాసినా అది ఎన్నో పేజీలవుతుంది. ఇంతకుముందు భాగంలో మనం కొన్ని ఉదాహరణలవి గురించి మాత్రమే చెప్పుకున్నాం. అర్ధవాహకాలకుండే రకరకాల ధర్మాలూ ఉపకరణాల గురించి మనకి అవి తెలియచెప్తాయి. అయితే పాఠకుడు ఇక్కడ ఒక ప్రశ్న అడగవచ్చు: అర్ధవాహక సాధనాల గురించి ''తెలివైన యంత్రాలలోని భాగాలు'' అన్న ప్రకరణంలోనే ఎందుకు చెప్పుకుంటున్నట్లు?

ప్రశ్న మొత్తానికి న్యాయమైనదే. అర్ధవాహకాలు అవసరమయేది ఒక్క ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లకే కాదు. శస్త్ర వైద్యంతో మొదలుకుని లోహవిజ్ఞాన శాస్త్రజ్ఞుల దాకా అన్ని శాఖల్లోని నిపుణులూ అర్ధవాహకాలపట్ల ఆసక్తి కనబరుస్తున్నారు. ఒక్క నిపుణులకే కాదు, అర్ధవాహకాలు అందరికీ అవసరమే. చివరికి వాల్వు రేడియో ఇంట్లో ఉన్నవాడు కూడా వీలుగా సిగరెట్టు పెట్టె అంతవుండే ట్రాన్సిస్టరుని వద్దనడు.

ఎందుకంటే దానిలో వుండే సౌకర్యాన్ని ఎవరూ కాదనలేరు. అదే ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లనీ, ఆటోమేటిక్ యంత్రాలనీ తీసుకున్న పక్షంలో, పరిమాణం, బరువుల ప్రశ్న ఒక్క సౌకర్యానికి సంబంధించినదే కాదు. ఆ పరికరాల జీవితానికే చెందుతుంది. ఒకోసారి యంత్రం ఉండాలా, అక్కరలేదా అనే విషయం పరిమాణం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

ఉదాహరణకి, విమానం నడపడానికి కంప్యూటర్లు ఎంతో అవసరం. విమాన వేగాలు ఎంత పెరిగిపోయాయంటే ఒకోసారి విమాన చోదకుడికి నిర్ణయాలు తీసుకునే సమయం ఉండదు. అటువంటి నిర్ణయాలు తీసుకోకుండా విమానాన్ని నడపడం సాధ్యం కాదు. కంప్యూటర్ ఇంకా ఎంతో వేగంగా ''ఆలోచిస్తుంది''. అయితే దానితో వున్న ఇబ్బందల్లా ఏమిటంటే, దానికి అందించిన ప్రోగ్రాములోని విషయాల పరిధిలోనే కంప్యూటర్ నడుచుకుంటుంది. అయితే విమానం ఎగిరే పరిస్థితుల్లో అనూహ్య సంఘటనలు ఎన్నో సంభవించవచ్చు. వాటన్నిటినీ ఏ ప్రోగ్రామూ ముందుగా ఊహించలేదు. ఆ విషయంలో విమాన చోదకుడి ముందు కంప్యూటర్ బలాదూరే. యంత్రం సామర్థ్యాన్ని పెంచి అది విమాన చోదకుడి నేర్పుని పొందేలా చేయడానికి ఎంతో సంక్లిష్ట వలయాలు అవసరం. ఎంతో పెద్ద మెమొరీ, ఎప్పటికప్పుడు తెలివి తేటలనూ, నైపుణ్యాన్నీ పెంచుకుంటూ అనుభవాన్ని పెంచుకునే సామర్థ్యం కావాలి. పైన చెప్పుకున్న అవసరాల నన్నింటినీ ఒక నిజమైన డిజైనులో మూర్తీభవించేలా చేసినట్లయితే, ఆ

కంప్యూటర్ ఎంత పెద్దదిగా తయారవుతుందంటే అది వున్న ఏ విమానమూ అసలు పైకి లేవలేదు.

ఇక్కడ రెండు అవసరాల మధ్య ఘర్షణ ఏర్పడుతుంది. ఒకవైపున కంప్యూటర్ సాధ్యమైనంత చిన్నదిగా వీలుగా ఉండాలి. మరొక వైపున సాధ్యమైనంత "తెలివైనది" అయుండాలి.

ఆ ఘర్షణ యింకా బాగా అర్థంకావడానికి, మానవ "మెదడు"కి ఏమాత్రం తీసిపోని కంప్యూటర్‌ని సృష్టించడానికి ఎవరైనా డిజైనరు పూనుకొన్నాడని అనుకుందాం. అతని ముందు అసంఖ్యాకమైన సమస్యలు తలెత్తుతాయి. మూలంగా ఏ రకం ఘటాలని తీసుకోవాలి? వాటిలో ఏ వలయాలని కూర్చాలి? దాన్నెలా ప్రోగ్రాం చేయాలి?

అయితే ఆ సమస్యల గురించి ఆలోచించేముందు, డిజైనరు ముందుగా అటువంటి "మెదడు" ఆకారం ఎలా వుంటుందో ఊహించుకోడానికి సహజంగానే ప్రయత్నిస్తాడు.

అత్యాధునిక శాస్త్రీయ సమాచారం ప్రకారం మానవ మెదడు కార్టెక్స్‌లో 10^{10} కణాలు (న్యూరాన్‌లు) ఉంటాయి. ఆ కణాల సంఖ్య బహుశా ఇంకా ఎక్కువగా ఉండ వచ్చు. 10^{10} అనేది సుమారు సంఖ్య మాత్రమే, ఎందుకంటే న్యూరాన్‌లని ఇంకా ఎవరూ లెక్కపెట్టలేదు.

ఆ సంఖ్య 10^{10} మాత్రమే అనుకుందాం. అదే 10^{10} కణాలకి బదులు, ఉదా హరణకి, 10^{10} ఆరంభకాలు "మెదడు"లో ఉంటే దాని రూపం ఎలా వుంటుంది?

డిజైనరు మామూలు వాల్వులనీ, అంశాలనీ మూలంగా తీసుకుంటే ఎంత మంచి డిజైనుని సమకూర్చినా ప్రతీ ఘన డెసీమీటరులోనూ ఐదు భాగాలని మించి ఇమడ్చలేడు. ప్రతీ ఆరంభకంలోనూ పది భాగాలుంటాయి. 10^{10} ఆరంభకాల్లో 10^{11} భాగా లుంటాయి. అంటే, అటువంటి భాగం ఘనపరిమాణం ఎంత వుంటుందంటే:

$$\frac{10^{11}}{5}dm^3=2\times10^{10}dm^3=20\times10^6m^3$$

ఆ ఘనపరిమాణాన్ని ఊహించుకోవడం కష్టంకాదు. 2 కిలోమీటర్ల పొడవు, 100 మీటర్ల ఎత్తూ, వెడల్పులుండే భారీ పెట్టెలాంటిదది. గొప్ప నిర్మాణమే! ఇక 10^{10} ఆరంభకాలకి శక్తిని సరఫరా చేయడానికి ఎటువంటి శక్తి జనకం అవసరం అవుతుందో ఊహించుకోండి. చివరికి అటువంటి బ్రహ్మాండమైన వలయం కూడా అసలైన మెదడులాగా పనిచేయగలదా? ఏమాత్రం సాధ్యంకాదు.

మొట్టమొదట విశ్వసనీయత సమస్య ఎదురౌతుంది. సగటున ప్రతీ ఆరంభకమూ 5 సంవత్సరాలకి ఒకసారి పాడవుతుందనుకుందాం. అప్పుడే బ్రహ్మాండమైన నిర్మాణంలో ప్రతీ సెకనుకీ సగటున 60 ఆరంభకాలు పాడవుతాయి.

ఏ భాగం చెడిపోయినా మొత్తం వలయం పని చేయడం మానేసేలా ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలని రూపొందించడంతో "మెదడు" ఎప్పుడూ చెడిపోయిన స్థితిలోనే ఉంటుంది. అది అప్పుడు పనిచేయడానికి బదులు ఎప్పుడూ మరమ్మతులోనే వుంటుంది.

ఏవో కొన్ని అనుకూల పరిస్థితుల పుణ్యమా అని ఆ బ్రహ్మాండమైన "మెదడు" సవ్యంగా 5–10 నిముషాల పాటు పనిచేసిందని అనుకుందాం. ఆ 5–10 నిముషాల కాలంలోనూ అది సరిపడినంత "తెలివితేటలు" చూపిస్తుందనా? ఎంతమాత్రం కాదు. నిజమైన మెదడుకి వుండే శక్తి సామర్థ్యాలు ఒక్క కణాల సంఖ్యమీదే ఆధారపడి వుండదు. ఇక్కడ ప్రధానమైన విషయం వాటి మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్య. 10^{10} ఆరంభకాల వ్యవస్థని కూర్చడం సాధ్యమయినా వాటినెలా కలపాలో మాత్రం ఎవరికీ తెలియదు. దానికితోడు న్యూరాన్‌కి ఆరంభకం నిజమైన ప్రత్యామ్నాయ పదార్థం కాదు. వాటి కున్న పోలికల్లా, ఆ రెండింటికీ "1", "0" అనే రెండు స్థితులుండటమే (5. 5–5. 8). అయితే ఆరంభకం తనకి అందే అన్ని స్పందనాలకీ ఒకే రకమైన ప్రతిచర్య చూపిస్తుంది. అదే సమయంలో న్యూరాన్ వాటిని వాటి తీవ్రత, పౌనఃపున్యాలను బట్టి వేర్వేరుగా గుర్తిస్తుంది. ఆరంభకానికి ఒకే ఒక ఇన్‌పుట్ వుంటే, న్యూరాన్ ఎన్నో కణాలతో కలపబడి వుంటుంది. స్పందనాల సంయోగాల మీదా, అవెక్కడి నుంచి వచ్చాయో అనే విషయం మీదా ఆధారపడి న్యూరాన్ "ప్రతిస్పందిస్తుంది" న్యూరాన్‌కి సరిసమానమైన ప్రతిరూపాన్ని రూపొందించడానికి ఒక ఆరంభకం సరిపోదు. కృత్రిమ న్యూరాన్ ఇంకా ఎంతో సంశ్లిష్టంగా ఉంటుంది.

పూర్తి ఎలక్ట్రానిక్ "మెదడు" ని రూపొందించే కార్యక్రమాన్ని నేటి ఆధునిక డిజైనరు ఎవరూ చేపట్టడం కష్టం.

అయితే మెదడులోని ప్రధాన కణమైన న్యూరాన్‌కి "రూపకల్పన" చేయబూనుకున్నవారు ఎంతోమంది ఉన్నారు. న్యూరాన్‌ని "పోలి" పనిచేసే వలయాలు వందకి పైగా ఇప్పటికే రూపొందించబడ్డాయి. "పోలి" అన్న మాటని ప్రత్యేకించి వాడాం. ఎందుకంటే జీవమున్న న్యూరాన్‌ల ధర్మాలు ఇప్పటికింకా పూర్తిగా పరిశోధించబడలేదు. కృత్రిమ న్యూరాన్‌లని న్యూరైట్‌లు, న్యూరిస్టర్‌లు, ఆర్టాన్‌లు అని పిలుస్తున్నారు. అవన్నీ ఆరంభకం కంటే ఇంకా ఎంతో సంశ్లిష్టంగా ఉంటాయి. ఒక న్యూరిస్టర్ వలయంలోని భాగాల సంఖ్య, ఆరంభకంలోని భాగాల సంఖ్య కంటే 10 రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది.

అదే ఎవరైనా 10^{10} న్యూరిస్టర్‌లు లేక ఆర్టాన్‌లని కలుపుకుని కృత్రిమ మెదడుని కూర్చాలని అనుకుంటే ఆ "పెట్టె" యింకా 10 రెట్లు పెద్దదిగా తయారవుతుంది. వెంటనే తొలిచూపుకి వ్యవహారం అంతా అవాస్తవికమైనదని అనిపిస్తుంది. అయితే తాం

దరపడి ఒక నిర్ణయానికి రాకూడదు. ఎందుకంటే, భావి ఎల్రక్ట్రానిక్స్ మనకందించ బోయే శక్తిసామర్థ్యాలని లెక్కలోకి తీసుకోలేదు. అంతేకాకుండా, పైన చెప్పుకున్నదంతా గడిచి పోయిన రోజుల అనుభవానికి సంబంధించినది.

అర్ధవాహకాలుండగా వాల్వులని ఉపయోగిస్తూ కృత్రిమ మెదడుని ఎందుకు తయారుచేయడం? దానికితోడు, అర్ధవాహక సాధనాల అవతరణతో నిపుణులకి అన్ని భాగాల, వ్యవస్థల డిజైనులని మార్చాల్సివచ్చిందనే విషయం గుర్తుంచుకోవాలి. వారు పరిమాణాలని చాలా చిన్నవిగా చేస్తూ, ఇంకా చిన్న చిన్నవిగా చేస్తూ కొన్ని వందల వేల రెట్లు తగ్గించుకుంటూ వెళ్లారు.

చిన్న పరిమాణం ఇలా సాధించబడింది

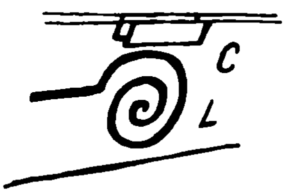
ఇదీ మూలాంశం

5. 49

వాల్వుతో పోల్చిచూస్తే కాయిల్‌లు, కెపాసిటర్‌లు, నిరోధకాలు ఎప్పుడూ చిన్నవిగానే కనిపిస్తాయి. కాని అర్ధవాహక సాధనాలకి పాత డిజైనుగల భాగాలు చాలా పెద్దవిగా ఉంటాయి.

5. 50

ఎల్రక్ట్రానిక్ పరికరాల ఉత్పత్తిలో అర్ధవాహకాలతో బాటు 'ముద్రిత వలయాలు (ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్‌లు)'' ప్రవేశపెట్టబడ్డాయి. ఒక బంధక బోర్డు (ప్లేట్) మీద ప్రత్యేకమైన స్థానాల్ని ట్రాన్సిస్టర్ల కోసం అర్ధవాహక డయోడ్‌ల కోసం ఏర్పాటు చేయబడ్డాయి. అప్పుడు నిరోధకాలు, కెపాసిటర్‌లు, ప్రేరకాలు, సంధాన తీగలు దాని మీద ముద్రించబడ్డాయి.

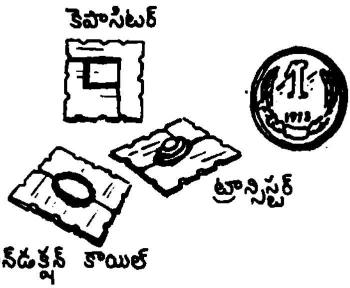




కెపాసిటర్‌ని తయారుచేయడానికి, బోర్డుకి రెండు వైపులా రెండు ప్లేట్లని ముద్రిస్తే చాలు. బోర్డు మీద ముద్రించబడిన సర్పిలం కాయిల్‌లా పనిచేస్తుంది. సన్నటి వంకర టింకర రేఖలు కావల్సిన పరిమాణం గల నిరోధకాలుగా తయారవుతాయి.

5. 51

ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల పరిమాణాన్ని తగ్గించడానికి ప్రయత్నిస్తూ, డిజైనర్లు, పరికరంలో ఎంతో ఖాళీ జాగా మిగిలిపోతోందనే నిర్ణయానికి వచ్చారు. ఎందుకంటే అన్ని భాగాలూ (వాల్వులు, కాయిల్‌లు, నిరోధకాలు) రకరకాల ''రూపాల''లో ఉంటాయి. అప్పుడు వాటినన్నిటినీ ప్రమాణీకరించాలనే ఊహ వచ్చింది. ఒకే పరిమాణం గల చిన్న చదరపు బోర్డులు డయోడ్‌లని, ట్రయోడ్‌లని కెపాసిటర్లని, నిరోధకాలని – ప్రతీ చదరంలోనూ ఒక్కొక్క భాగాన్ని ఇముడ్చుకుంటాయి.

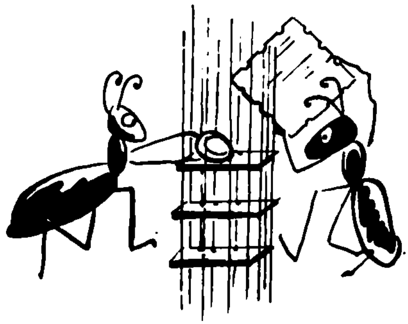


5. 52

ఆ చిన్న బోర్డులు ఒకదాని మీద మరొకటి ఒక అరల (షెల్ఫుల) దొంతరగా అమర్చబడి వుంటాయి. అరల మీద భాగాలుంటాయి. విద్యుత్తు నిలువుగా వుండే కడ్డీల (తీగల) గుండా ప్రవహిస్తుంది. అటువంటి వ్యవస్థకి రూపకల్పన చేసేటప్పుడు అరలనీ, నిలువు తీగలనీ కలగా పులగం చేయకుండా వుండటం అవసరం. ఉదాహరణకి, కుడి వైపున మధ్యలో వున్న నిలువు తీగ, పైనుండే అర మీది కెపాసిటర్‌ని దానికి కొన్ని అరలకి కిందనుండే ట్రాన్సిస్టర్ గ్రాహకంతో కలపాలి.

5. 53

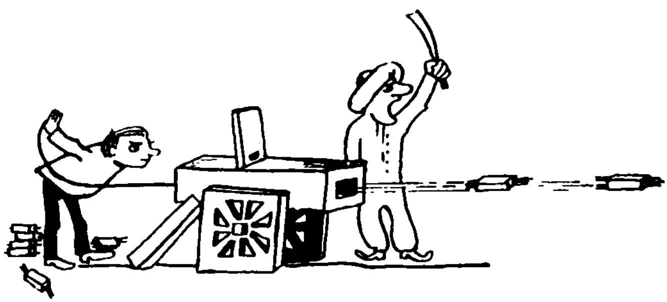
మొత్తం వలయాన్ని కూర్చిన దాన్ని ఒక ప్రత్యేకమైన సంయోగ పదార్థంతో నింపుతారు. అప్పుడా ''అరల దొంతర'' ఒక చిన్న ఏకశిలా ప్రతిమలాంటి 'మైక్రోమాడ్యూల్' అవుతుంది.



5. 54

మైక్రోమాడ్యూల్‌లతో తయారైన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం పరిమాణం వాల్వులతో తయారైన పరికరం కంటే సుమారు 2 000 రెట్లు చిన్నదిగా వుంటుంది.

దానికితోడు, మైక్రోమాడ్యుల్‌లతో తయారైన పరికరం ఎంతో కాలం పాడైపోకుండా పనిచేస్తుంది. వాల్వు గ్రాహకం కుదుపుల వలన గాని, దెబ్బతగలడం వలన గాని పనిచేయడం మానెయ్యొచ్చు. అదే మైక్రోమాడ్యుల్ పరికరం ఎంతో బలమైన దెబ్బలని కూడా తట్టుకోగలదు.



అటువంటి మాడ్యూల్‌ల మన్నికని పరీక్షించడంకోసం, వాటిని ప్రత్యేకమైన ఫిరంగుల్లోనుంచి పేలుస్తారు. ఆ ''పేలుళ్ల'' తర్వాత కూడా మాడ్యూల్ పనిచేయడం కొనసాగిస్తే దాని మన్నిక కావల్సినంత ఎక్కువగా ఉందన్నమాట.

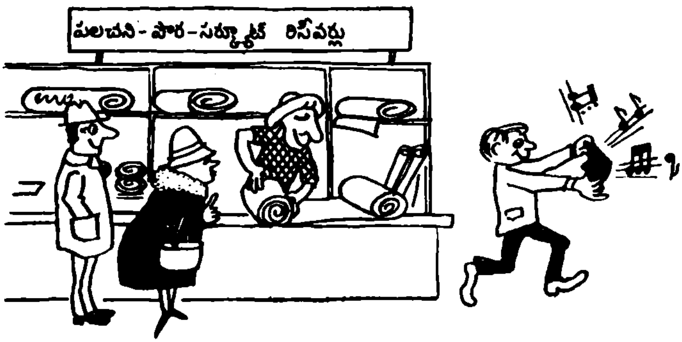
5. 55

ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని చాలా చిన్నవిగా చేసే కార్యక్రమంలో 'పలుచని పొరలు'ని రూపొందించడం, తర్వాతి దశ అయింది.

లోహం లేక అర్ధవాహకాల పొరని బంధక పదార్థంతో తయారుచేసిన ప్లేటు మీద ఉంచుతారు. ఆ పొర మందం అతి సూక్ష్మంగా ఉంటుంది. ఒకోసారి అది, సమతలంలో పేర్చబడిన ఒక అణువుల పొర అంత ఉంటుంది!

ఆ సన్నటి లోహపు పొరకి ఎంతో ఎక్కువ విరోధం ఉంటుంది. దాని మూలంగా కొన్ని మిలియన్ల ఓమ్‌లని ఒక మిల్లీమీటరు పొడవులో ఇమడ్చడం సాధ్యమవుతుంది.

పొర రూపంలోని ఆ కెపాసిటర్ మూడు పొరల శాండ్‌విచ్‌లా ఉంటుంది. ఒక లోహపు పొర, దాని మీద బంధకపు (విద్యుత్‌రోధకము) పొర, మళ్లీ ఆపైన మరో లోహపు పొర ఉంటాయి. అతి పలుచగా వుండే విద్యుత్ రోధకపు పొర పుణ్యమా అని చిన్న పరిమాణం గల ప్లేట్లతో ఎంతో ఎక్కువ క్షమత్వాలని సాధించవచ్చు (3. 21 చిత్రంతో పోల్చిచూడండి).



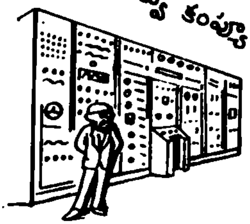
ట్రాన్సిస్టర్లో కూడా మూడు పొరలుంటాయి. p — రకం వాహకత్వం గల పొర, తర్వాత n — రకం వాహకత్వం గల పొర ఆతర్వాత మళ్లీ p — రకం వాహకత్వం గల పొర ఉంటాయి.

అటువంటి ట్రాన్సిస్టర్లు ఎంత చిన్నవిగా వుంటాయంటే, ఒక పోస్టల్ స్టాంపుమీద వాటిని 20 000 దాకా ఉంచవచ్చు!

గత సంవత్సరాల్లో ''మైక్రోస్కోపిక్ ఎలక్ట్రానిక్స్'' సాధించిన విజయాల్లో పైన పేర్కొన్నవి కొన్ని. అదే 20 000 శూన్య వాల్వులని ఉంచడానికి రైల్వే వాగన్ ఒకటి పూర్తిగా అవసరం అవుతుంది.

5. 56

''సూపర్‌మినియేచర్ ఎలక్ట్రానిక్స్'' అభివృద్ధిచెందడం, వాటి ఉపయోగాలు పెరగడం నమ్మశక్యంకానంత వేగంగా జరుగుతోంది. ఎలక్ట్రానిక్ గణన పద్ధతికి వయస్సు

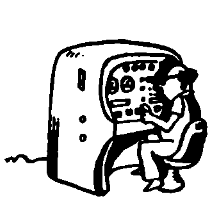


ఎలక్ట్రాన్ - వాల్వ్ కంప్యూటర్లు.

రెండు దశాబ్దాలు మాత్రమే! అంత తక్కువ కాలంలో, ఇప్పటికే నాలుగు తరాల ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లు వాడకంలోకి వచ్చాయి.

సూపర్‌మినియేచర్ ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల్లో అత్యంత ఆధునికమైనవి 'ఘన వలయాలు (సాలిడ్ సర్క్యూట్స్). పింగాణీ ముక్కనో లేక అర్ధవాహక స్ఫటికాన్నో ఆధారంగా తీసుకుని ఘన వలయాల డిజైనర్లు వాటిని భౌతిక, రసాయన పద్ధతుల ద్వారా సాంకేతిక ప్రాసెసింగ్‌కి గురిచేస్తారు.

పదార్థ ఉపరితలం మీద అంతటా సన్నటి ''డిజైను'' ఏర్పడుతుంది. కొన్ని చోట్ల అది రసాయన నిక్షారణానికి, ఆక్సిడేషన్‌కి, మరికొన్ని చోట్ల విసరణానికి, సన్నటి పొర నిక్షేపానికి, ఇంకా మరికొన్ని చోట్ల వేడిమి అలాగే విద్యుత్తు లేక అయస్కాంత క్షేత్రాల ప్రభావానికి గురిచేస్తారు.



ట్రాన్సిస్టర్లతో తయారైన కంప్యూటర్



పలుచని - పొర - సర్క్యూట్ కంప్యూటర్

అటువంటి ప్రాసెసింగ్ ఫలితంగా పదార్థ ఉపరితలం మీద మైక్రోఘటాల చిక్కైన జాలం ఏర్పడుతుంది. ప్రతీ మైక్రోఘటానికీ కొన్ని నిర్దిష్టమైన విద్యుత్, అయస్కాంత ధర్మాలుంటాయి. అలా సంపాదించిన ఉపరితలాన్ని గాజు పొరతో మూస్తారు. అప్పుడా పదార్థపు భాగం ఒక ఘన వలయం అవుతుంది. ప్రతీ మైక్రోఘటం నిర్వర్తించే కార్యాలు సరిగ్గా ఎన్నో ట్రాన్సిస్టర్లూ, డయోడ్‌లూ, నిరోధకాలూ, ప్రేరకాలూ, కెపాసిటర్లూ ఉండే ఒక వలయం నిర్వర్తించే కార్యాలని పోలివుంటాయి.

ఘన వలయాలు మన్నికకి, విశ్వసనీయతకి, తక్కువ శక్తి వినియోగానికి, అతి చిన్న పరిమాణానికి ఎంతో ప్రసిద్ధికెక్కాయి. పెద్ద మొత్తంలో లెక్కలని లేక తర్క

బద్ధమైన క్రియలని ఎన్నింటినో నిర్వర్తించే ఆ ఎల క్ట్రానిక్ వ్యవస్థ ఒక సూది బెజ్జంలో దూరిపోగలిగి నంత పరిమాణంలో వుంటుంది.



మోనోలిథిక్ - సర్క్యూట్ కంప్యూటర్

నిజంగానే ఘన వలయాలని రూపొందించేవారి కళ, ప్రకృతికి వుండే పరిపూర్ణతని సమీపిస్తోంది. పదార్థపు చిన్న భాగంలో సంశ్లిష్టమైన, అంతర్ సం బంధితమైన, ఉపయోగకరమైన ప్రక్రియలు ఎన్నో జరుగుతాయి. ఒక వింతైన ''ఎలక్ట్రానిక్ జీవితం'' జీవం పోసుకుంటుంది.

5. 57

వాల్వులతో కాకుండా మైక్రోమాడ్యూల్‌లతో తయారైన కృత్రిమ ''మెదడు'' వాల్వులతో తయారైన దానికంటే 2 000 రెట్లు చిన్నదిగా ఉంటుంది. అయినప్పటికీ, 10^{10} ఎలక్ట్రానిక్ ''న్యూరాన్‌లు'' గల వ్యవస్థ 10 మీటర్ల ఎత్తూ, 100 మీటర్ల పొడవూ, వెడల్పూ గల ఒక నగర వీధినంతా ఆక్రమిస్తుంది.

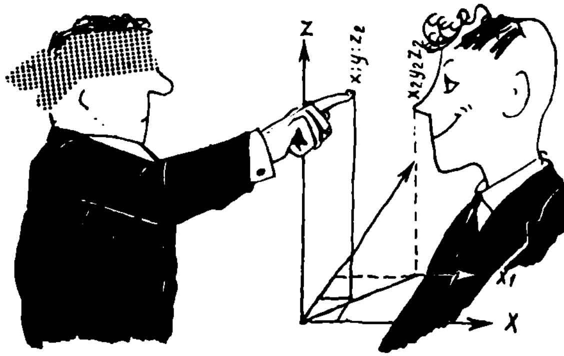
పలుచని పొరల వలయాలతో తయారైన ''మెదడు'' పైదానికంటే 100 రెట్లు చిన్నదిగా వుంటుంది. కాని, అది 10 మీటర్లు భుజం గల ఒక సమఘనంలా ఉంటుంది.

ఘన వలయాలని ఆధారంచేసుకుని తయారైన ''మెదడు'' ఇంకా చిన్నదిగా ఉంటుంది. అయితే ప్రకృతికి వుండే పరిపూర్ణత్వం ఇంకా సాధించబడలేదనే చెప్పాలి. కాని మెదడు నిర్వర్తించే కొన్ని క్రియలని కొన్ని ఏళ్ల క్రితం కంటే ఈరోజు ఇంకా బాగా అనుకరించ గలుగుతున్నాం.

జీవుల నమూనాలు

గత కొన్ని సంవత్సరాల్లో ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎన్నో రకాల నమూనా (మోడల్)లని రూపొందించింది (5. 17). లోహాలని కరిగించడం, వాటి యాంత్రిక ప్రోసెసింగ్ లోని వివిధ దశలు, మిసైల్‌ల, రాకెట్ల, విమానాల యాత్ర, రసాయన భౌతిక ప్రక్రియలు, రకరకాల రవాణా వాహనాలు, ఆర్థిక వ్యవహారాలు, ఉత్పత్తి ప్రణాళికకి సంబంధించిన లక్ష్యాల సాధన — ఇవన్నీ కూడా మోడలీకరించబడ్డాయి.

అయితే జీవిలో జరిగే ప్రక్రియలని మోడలీకరించడం అన్నింటికంటే సంక్లిష్టంగా



వుంది. ఇకముందు కూడా ఉంటుంది. ఈ విషయాన్ని ఒక చిన్న ఉదాహరణతో ఆరంభిద్దాం.

చీకటిలో మీ ముక్కుని పట్టుకోడానికి ఎప్పుడైనా ప్రయత్నించారా? ముక్కుని మీ వేలితో తేలికగా ముట్టుకో గలిగారా? అవును, తేలికగానే ముట్టుకోగలిగి వుంటారు. ఇప్పుడు చీకట్లో ఇంకెవరిదైనా ముక్కు కొసని పట్టుకోడానికి ప్రయత్నించండి. అదంత తేలిక కాదు. ఎంతోసేపు చీకట్లో రెండు చేతులతోనూ వెతికితేనేకాని అది దొరకదు. దానికితోడు ఆ ముక్కున్న వ్యక్తి తల అటూ ఇటూ తిప్పుతూవుంటే? మళ్లీ వెతుకులాట కొనసాగించాల్సి వస్తుంది. అయితే మీకు మీ స్వంత ముక్కెన్నడూ చీకట్లో దొరక్కుండా పోదు. ఏ క్షణంలోనైనా పొరబడకుండా దాన్ని ముట్టుకోగలరు. ఎందుకని?

ఎందుకంటే, ముఖపు కండరాల నుంచీ, చేతి కండరాల నుంచీ మెదడుకి సంకేతాలు అందుతాయి. వాటి స్థానాన్ని పోల్చిచూస్తూ తప్పు సంకేతాలని మెదడు పట్టేస్తుంది. గణితశాస్త్రజ్ఞుల భాషలో చెప్పుకుంటే, ఆదేశాన్ని పాటించే అంగానికి (చేతికి) ఆదేశాన్ని పంపి తప్పు సంకేతం మున్నాకి వచ్చేలా మెదడు చేయగలదు.

ఏ బాహ్య వస్తువుల (ఎవరిదైనా ముక్కును కలుపుకుని) జాడలనైనా ఆవిధంగా కనుక్కోవచ్చు. అయితే ఒక షరతు వుంది. వస్తువులు ప్రకాశితమై వుండాలి. ఈ వస్తువుల స్థానాన్ని స్థిరీకరించే కళ్ల నుంచి అలాగే చేతి నుంచి మెదడు సంకేతాల్ని అందుకుంటుంది. అదే చీకట్లో జాడ కనుక్కోవడం సాధ్యం కాదు. ఎందుకంటే దానికి ఫీడ్‌ఫార్వర్డ్, ఫీడ్‌బాక్‌లు అవసరం. మెదడు నుంచి కండరాలకి ఆదేశాలని ప్రసారం చేయడానికి ఫీడ్‌ఫార్వర్డ్, వస్తువు ఎంత దగ్గర్లో ఉందో నిర్ణయించడానికి ఫీడ్‌బాక్‌లూ ఉపయోగిస్తాయి.

ఒక జీవిలోని సమాచార ప్రసార సంబంధాలు జాడను వెతికిపట్టుకునే ఒక ఆటోమేటిక్ పరికరపు వలయాన్ని ఎంతో పోలివుంటాయి. రెండింట్లోనూ కూడా కంట్రోలు

చేయడానికి ఒక వస్తువు, ఆదేశాన్ని పాటించే ఒక అంగం తప్ప సంకేతాలు, ఫీడ్‌ఫార్వర్డ్ ఫీడ్‌బాక్ అనేవి ఉంటాయి.

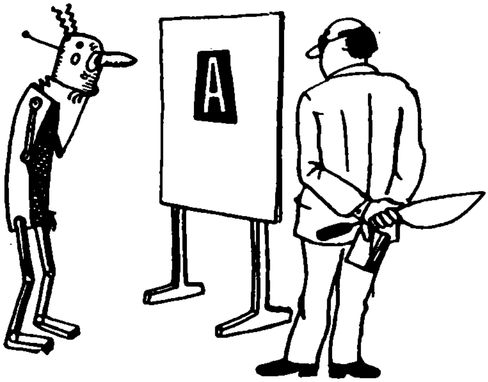
సైబెర్నెటిక్స్‌కి అదే ప్రారంభ బిందువు అయింది. ఆటోమేటిక్ పరికరాలూ, జీవులూ రెండూ, కంట్రోలులో ఉపయోగించే ఉమ్మడి సూత్రాలని కనుగొన్నారు. అయితే వాటిలో పోలికలే కాకుండా, తేడాలూ లేకపోలేదు. వాటిలో ఎన్నిటి గురించో మనిషి ఇంకా తెలుసుకోవాల్సివుంది.

కండరాల పనిని చెప్పుకోదగినంత కచ్చితంగా అనుకరించి దాని నమూనాని పొందడం నేర్చుకున్నాం. మనిషి చేతి కండరాల నుంచి వచ్చే జీవ సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేస్తూ వాటిని గ్రహించి చేతి కదలికలన్నింటినీ సరిగ్గా అనుకరించే ఆటోమేటిక్ చెయ్యిని రూపొందించడం సాధ్యమే.

మెదడు నమూనాని తయారుచేయడం ఇంకా ఎంతో సంక్లిష్టమైన వ్యవహారం. అయినా యీ రంగంలో కూడా ఎన్నో ఘన విజయాలు సాధించబడ్డాయి. ప్రస్తుతానికింకా మనం, విడి పనుల నమూనాలని సాధించడం గురించి మాత్రమే మాట్లాడగలం. అలా అయినా ఎన్నో యిబ్బందులు తలెత్తుతాయి. అందులో ఆశ్చర్యకరమైనదేదీ లేదు. ఎందుకంటే, మెదడు ప్రపంచంలో అన్నింటికంటే సంక్లిష్టమైన వ్యవస్థ. ఇంజనీర్ల దగ్గర దానికి సంబంధించిన సూచనలు కాని, చిత్రాలు కాని లేవు. పనిచేస్తున్న మెదడులోకి తొంగిచూసే అవకాశమూ వారికి లేదు. ఊహలతోనూ, ఎలక్ట్రానిక్ నమూనాల సహాయంతో మెదడుని పరీక్షిస్తూనూ సంతృప్తిచెందాల్సిందే. చివరికి ఆ చుట్టు దారి గుండా వెళ్లినా ఎన్నో ఫలితాలు లభించాయి.

వాటికి ఎంతో మంచి ఉదాహరణ బహుశా, కంటికి కనిపించే చిత్రాలని గుర్తించే కంప్యూటరే అని చెప్పుకోవాలి. దాన్ని పెర్‌సెప్ట్రాన్ అని పిలుస్తారు. ఈ కంప్యూటర్ కోసం రూపొందించబడిన నమూనా కంటిలో వందల కొలది ఫొటోసెల్‌లుంటాయి. దాని కృత్రిమ మెదడులో ఒక సంక్లిష్ట జాలంగా కలిసివున్న ఎలక్ట్రానిక్ "న్యూరాన్‌లు" వేలకొలది ఉంటాయి.

పెర్‌సెప్ట్రాన్‌కి నేర్పడమనే ప్రక్రియ జంతువులకి ఎలా తర్ఫీదు ఇస్తారో దాన్ని కొంత పోలివుంటుంది. కంప్యూటర్‌కి ఒక అక్షరాన్ని చూపిస్తారు. కంప్యూటర్ ఆ అక్షరాన్ని మిగతా వాటినుంచి వేరుచేసి గుర్తించాలి. అలా అది గుర్తిస్తే "ప్రోత్సాహక" సంకేతాన్ని ఒకదానిని "మెదడుకి" పంపుతారు. ఆ సంకేతం న్యూరాన్‌ల మధ్య ఏర్పడిన బంధాన్ని గట్టిపరుస్తుంది. అదే సందర్భంలో జంతువుల ట్రైనరు దానికి యిష్టమైన పదార్థాన్ని నోటికి అందిస్తాడు. కంప్యూటరు అక్షరాన్ని గుర్తించడంలో పొరబడితే దానికి ఒక "శిక్షా సంకేతాన్ని" (జంతువు విషయంలో అదే ఒక కొరడా



దెబ్బ) పంపుతారు. అక్షరాన్ని 10–15 సార్లు "చూపిన" తర్వాత కంప్యూటర్ దాన్ని "గుర్తించడం" మొదలెడుతుంది. ఇంక కావల్సిందేముంది, అక్షరం వేరే పరిమాణంలో గాని, ఇంకో రకంగా గాని ముద్రించబడినా కంప్యూటర్ చెప్పగలుగుతుంది.

ఒక పెర్‌సెప్ట్రాన్ సోవియట్ యూనియన్‌లో కీవ్‌లోనూ, ఇంకోటి అమెరికాలో కార్నెల్ విశ్వవిద్యాలయం లోనూ రూపొందించబడ్డాయి. సైనిక విభాగం పంపిన ఆర్డరు మేరకు ఆ అమెరికన్ పెర్‌సెప్ట్రాన్ రూపొందించబడింది. అది ముద్రించబడిన అక్షరాలని గుర్తించడమే కాకుండా ఎన్నో పనులని చేయగలదు. ఆకాశంలో నుంచి తీసిన ఫోటోని చూసి, అది విమానాశ్రయమో, లేక నేల మీదున్న విమోనమో, "గుర్తించడం" దానికి నేర్పారు.

ఈ విషయం ప్రకృతికి ఏనాడో తెలుసు

జీవుల్లోని కొన్ని ప్రక్రియలని మోడలీకరించడం ద్వారా ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎన్నో విజయాలని సాధించిందనడంలో సందేహం లేదు. అయితే చాలా విషయాలు యింకా అర్థం కాకుండా ఉన్నాయి. ఇంకా ఎంతో అధ్యయనంచేసి అభివృద్ధి చేయాల్సివుంది.

అసలంటూ పోలికలేని రెండు శాస్త్రాల—జీవశాస్త్రం, ఎలక్ట్రానిక్స్‌ల — కూడలి దగ్గర విజ్ఞానశాస్త్రంలో ఒక కొత్త శాఖ ఏర్పడింది. దానికి 'బయోనిక్స్' అనే పేరు పెట్టారు. బయాలజీ, ఎలక్ట్రానిక్స్‌లకి ఉమ్మడి విషయాలు ఎన్నో ఉన్నాయని, ఎన్నో విధాల అవి ఒకదానికొకటి సహాయం చేసుకోగలవని తేలింది.

ఎప్పటిలాగానే, అంతా మామూలు విషయాలతోనే మొదలయింది. కొన్ని కీట

కాళ్లో మొగవి ఎన్నో కిలోమీటర్ల దూరం ఎగురుతూ పోయినా తిరిగి పొరబడకుండా తమ జోడి కీటకాల దగ్గరకే తిరిగివస్తాయని ఏనాడో గమనించారు.

ఫ్రాన్సు దేశపు కీటకశాస్త్రజ్ఞుడు ఫాబర్, మగ, ఆడ కీటకాల మధ్య ఒక రకమైన రేడియో సమాచార ప్రసారాలు ఉంటాయని ప్రతిపాదించాడు. ఆ ప్రతిపాదనని నిరూపించడానికి ఆడ పట్టుపురుగుని బ్రీడింగ్ పెట్టెలో ఉంచాడు. వెంటనే అన్ని వైపులనుంచీ మగవి 60 అక్కడికి చేరాయి. మగవాటిని పట్టుకుని, వాటికి గుర్తు వేసి వేర్వేరు దిశల్లో ఎన్నో కిలోమీటర్ల దూరంలో వదిలేశారు. నలభై నిముషాల తర్వాత గుర్తువేయబడిన మగవే ఆడదాని దగ్గరికి తిరిగి వచ్చాయి!

ఒకవేళ సమాచార ప్రసారం పరారుణ పౌనఃపున్యాల వ్యాప్తిలో జరుగుతోందేమోనని ఊహించారు. శాస్త్రవేత్తలు ఆడ కీటకాన్ని గాజుతో చేసిన జాడీలో ఉంచారు. దాని గుండా పరారుణ కిరణాలు ప్రసరించలేవు. వారి ఊహ నిజమైంది. ''నమ్మకస్తులైన మగరాజులు'' ఆడ కీటకపు పిలుపుకి జవాబుగా ఎగురుకుంటూ రావడం మానేశాయి.

అప్పుడు కీటకాల శృంగాలు పరారుణ కిరణాలని గ్రహించే ఆన్టెనాలనే ఊహకి వచ్చారు. నిజంగానే శృంగాలని తొలగించిన మగ కీటకాలు తమ ఆరు కాళ్ల జోడి ఆడ కీటకాలని ఇంకెంతమాత్రం కనుక్కోలేకపోయాయి.

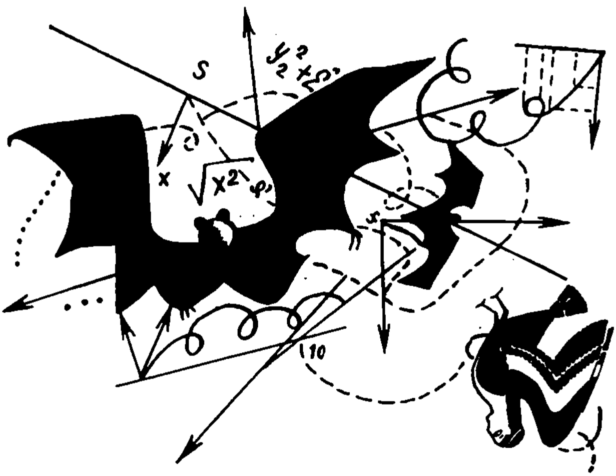
కనుగొన్న ఆ విషయాలు ముందు ఎన్నో సందేహాలని లేవనెత్తాయి. 20వ శతాబ్దపు అతి గొప్ప విజయాల్లో ఒకటైన రేడియో మిలియన్ల సంవత్సరాల క్రితమే ప్రకృతి చేత కనుగొనబడిందనే ఆలోచన అంత తేలిగ్గా ఎవరికీ వంటబట్టలేదు. అంటే, రేడియోకి సంబంధించిన అన్ని ఆవిష్కరణలూ ఒక్క ప్రకృతికే చెందుతాయనేనా దానర్థం?

ఎన్నో వాస్తవాలు పోగుపడ్డాయి. పైన చెప్పుకున్న విషయంలో ప్రకృతి సాధించిన పరిపూర్ణత స్థాయి ఎంత ఎక్కువంటే ఈరోజుకి కూడా ప్రకృతి సృష్టించిన ''సాధనాల'' నాణ్యతని మించడమనేది అసాధ్యమని చివరికి మనిషి అర్థంచేసుకున్నాడు.

అటువంటి ఎన్నో ''సాధనాల'' అభిలక్షణాలని తుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశారు. ఉదాహరణకి, గబ్బిలానికి అతిధ్వానికి పరిధిలో పనిచేసే ఒక రకం సోనార్‌ని ప్రకృతి ప్రసాదించిందని కనుకొనబడింది. సెకనులో రెండు వేలోవంతు కాల వ్యవధిలో వివిధ స్పందనాలని గబ్బిలం వికిరణం చేస్తుంది. వాహక పౌనఃపున్యం స్పందన కాలంలో 45 నుంచి 90 కిలోహెర్ట్జ్‌ల దాకా మారుతుంది. ఇక్కడ ప్రకృతి, పౌనఃపున్య మాడ్యులేషన్‌ని ఉపయోగించుకుంటుందన్నమాట. 10–12 హెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యంతో స్పందనాలు ఒకదాన్ని మరొకటి అనుసరిస్తాయి. కాని గబ్బిలం ఏదైనా అడ్డంకి దగ్గరికి వస్తున్నకొద్దీ స్పందనాలు 250 దాకా హెర్ట్జ్‌ల పౌనఃపున్యంతో పునరావృతమవుతాయి.

గబ్బిలాలు ఏ చిమ్మట పురుగులనైతే తింటాయో వాటి చెవులు చిన్న మైక్రోఫోన్లలా పనిచేస్తాయి. వాటి ''శృతిమేళన'' వ్యాప్తిలో, గబ్బిలపు ''సోనార్'' వికిరణం చేసే అన్ని సంకేతాల పౌనఃపున్యాలూ ఉంటాయి. చిమ్మట పురుగుల చెవులు 10 నుంచి 100 కిలోహెర్ట్జ్‌లుండే అన్ని సంకేతాలకీ ప్రతిస్పందించగలవని శాస్త్రవేత్తలు రుజువుచేశారు.

ఆ మైక్రోమీనియేచర్ ''సాధనాన్ని'' ఆంప్లిఫైయర్‌కి కలపడం కూడా సాధ్యమేనని కనుగొన్నారు. దాని ఫలితంగా గబ్బిలాలు పంపే సంకేతాలని శోధించే సున్నితమైన గ్రాహకం రూపొందించబడింది.



గబ్బిలాలు, పురుగుల గురించిన ఈ సమాచారంలో అంత ఎక్కువగా సంఖ్యలుండటం వింత అనిపించవచ్చు. పైన చెప్పుకున్నది జీవమున్న వాటి గురించి కాకుండా మనిషి తయారుచేసిన సాధనాల గురించేమో అని మీరు అనుకోవచ్చు.

అయితే మనం చేయగలిగిందేమీ లేదు. జీవశాస్త్ర సమస్యలని పరిశోధించడానికి అసలైన ఇంజనీరింగు పద్ధతిని అనుసరించడమే అవసరమని బయోనిక్స్‌లోని ఆధునిక విజయాలు మరీ మరీ నొక్కిచెప్తున్నాయి.

గబ్బిలాలు ఎగరడం చూసిన వాళ్లెవరైనా అవి ఎగిరే మార్గం ఎంత చిక్కుగా వుంటుందో తప్పకుండా గమనించే ఉంటారు. లక్ష్యం అంటూ లేకుండా గబ్బిలం అటూ యిటూ ఎగురుతోందని అనిపించవచ్చు. నిజానికి గబ్బిలపు ప్రతీ కదలికా ఒక కచ్చితమైన లెక్క ప్రకారం ఉంటుంది. ఎగురుతూ కీటకాన్ని పట్టుకున్న వెంటనే గబ్బిలం

మార్గాన్ని మార్చుకుని తన "సోనార్" దృక్ క్షేత్రంలోకి వచ్చిన ఇంకో కీటకం వెనకపడు తుంది. గబ్బిలం ప్రతి అరు సెకనులకి సగటున ఒక దోమని నాశనం చేస్తుందని శాస్త్ర జ్ఞులు లెక్కవేశారు.

ప్రకృతి ప్రసాదించిన లోపరహితమైన "సోనార్" పుణ్యమా అని గబ్బిలం తనని ఆవరించి వున్న ప్రదేశంలో నిర్విరామంగా నిఘావేస్తూ ఉండగలదు. "సోనార్" వలనే గబ్బిలం కీటకాలని తరిమి పట్టుకోగలదు. అలాగే అది సురక్షితంగా తన దూర ప్రయా ణాన్ని కొనసాగించుకోగలదు. గబ్బిలం దారిలో వున్న ఏ అడ్డంకులనైనా ముందుగా కనుక్కొని వాటిని తప్పించుకు పోగలదు.

గబ్బిలపు "సోనార్" లేక "రాడార్" పనిచేసే విధానం విమాన స్థావరాల్లో విమా నం కిందకి దిగేటప్పుడూ, పైకి ఎగిరేటప్పుడూ ఆకాశాన్ని గమనించడానికి రూపొందించ బడిన రాడార్ పనిచేసే విధానాన్ని ఎంతో పోలివుంటుంది. అయితే వాటి మధ్య గమనించ దగిన వ్యత్యాసమూ ఉంది. విమాన స్థావరాల్లోని రాడార్ పరికరాలు టన్నుల బరువుంటే గబ్బిలపు "రాడార్" 0.1 గ్రాముల బరువుంటుంది!

పరిమాణాన్ని బాగా తగ్గించడమంటే అది! అంతే కాకుండా ప్రకృతి సృష్టిం చిన సూక్ష్మ రాడార్‌ల ధర్మాలు ఎన్నో ఇంకా చిక్కుప్రశ్నలుగానే ఉన్నాయన్న విషయాన్ని గుర్తించాలి.

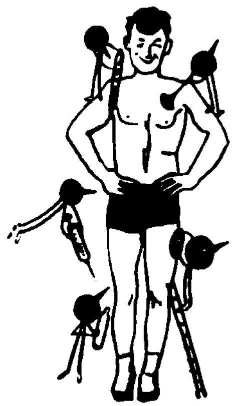
ఉదాహరణకి, గబ్బిలం తన స్వంత పరావర్తన సంకేతాలని ఇతర గబ్బిలాలకి చెందిన సంకేతాల నుంచి లేక ప్రయోగాల్లో ప్రత్యేకంగా ఉపయోగించిన వ్యతికరణ సంకేతాల నుంచి ఎలా గుర్తిస్తుందో వివరించడం సాధ్యం కావడంలేదు. ఎప్పుడైతే ఆ ప్రశ్నలకి జవాబులు దొరుకుతాయో అప్పుడు ప్రస్తుతం వాడకంలోవున్న రాడార్ టెక్నిక్‌లన్నింటినీ ఎంతో అభివృద్ధిచేయడం సాధ్యపడుతుంది.

అన్నట్లు, ఇదొక్కటే ఉదాహరణ అనుకోకండి. డాల్ఫిన్లూ, గినీ పందుల "సోనా ర్‌లు" కచ్చితత్వంలోనూ, వ్యాప్తిలోనూ, చిన్న చిన్న వస్తువులని కనుక్కొనే సామర్థ్యం లోనూ, ప్రస్తుతం జలాంతర్గాముల్లో వాడుతున్న సాధనాల కంటే ఎంతో మెరుగ్గా ఉన్నాయి.

మీ ఆయుర్దాయాన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లు పొడిగిస్తాయి

ఇదీ మూలాంశం

5. 58



"బయాలజీ, ఎలక్ట్రానిక్స్" అనే పదాలు కలవగా వచ్చిందే "బయోనిక్స్" అనే పదం. బయోనిక్స్ కాకుండా "బయలాజికల్ ఎలక్ట్రానిక్స్" అనేది కూడా ఉంది. నామరీత్యా అది బయోనిక్స్‌ని పోలి వున్నా దానికి తన స్వంత లక్ష్యాలు ఉన్నాయి.

జీవుల్లోని ప్రక్రియలని అధ్యయనం చేయడం, వాటి నమూనాలని తయారుచేయడం బయోనిక్స్ పని. అయితే బయలాజికల్ ఎలక్ట్రానిక్స్, జీవులని అధ్యయనం చేయడానికి సహాయపడే సాధనాలని రూపొందిస్తుంది. ఆ సాధనాలని వైద్యంలో కూడా ఉపయోగిస్తుంటారు.

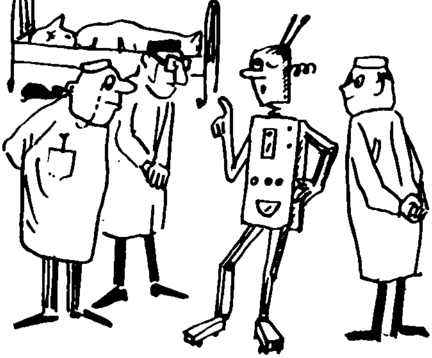
5. 59

ఆధునిక వైద్యశాస్త్రం, ఎలక్ట్రానిక్స్‌లు ఎంతో సన్నిహిత బంధాలని కలిగివున్నాయి. దేహంలోకి తొంగిచూసే అవకాశాన్నిచ్చే ఎక్స్-రే పరికరం, గుండె లయని నమోదుచేసే కార్డియోగ్రాఫ్‌లు, అత్యధిక పౌనఃపున్య విద్యుత్ ప్రవాహంతో చికిత్సచేసే పద్ధతులు లేని క్లినిక్‌ని ఊహించుకోవడానికి ప్రయత్నించండి. వైద్యశాస్త్రంలో ఇవన్నీ లేకుండా చేస్తే దాన్నింక ఆధునిక శాస్త్రముని ఎంతమాత్రం పిలవలేం.

వీటన్నిటిని వైద్యశాస్త్రానికి అందుబాటులో ఉంచింది ఎలక్ట్రానిక్సే. సజీవ కణజాలాల లోతుల్లోకి దూసుకుపోయే ఎక్స్-రేలు, ప్రత్యేకమైన దర్పణానికి పంపబడిన తీవ్రమైన, సాంద్రీకృతమైన ఎలక్ట్రాన్‌ల పుంజంతో తయారవుతాయి. ఎలక్ట్రానిక్ డోలకాలు చికిత్స కోసం అత్యధిక పౌనఃపున్యాల సంకేతాలని ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఎలక్ట్రోకార్డియోగ్రామ్‌లని నమోదుచేసే సాధనాల్లోని ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులు స్పందిస్తున్న గుండె ప్రసారంచేసే సంకేతాలని ఆంప్లిఫై చేస్తాయి.

5. 60

ఎలక్ట్రానిక్స్ తను సృష్టించిన వాటిలో అతి శ్రేష్ఠమైనవాటినన్నిటినీ ప్రజల ఆయుర్దాయాన్ని పొడిగించడానికీ, ఆరోగ్యాన్ని మెరుగుపరచడానికీ అది వైద్యశాస్త్రానికి సంతోషంగా అందిస్తుంది. ఎలక్ట్రానిక్ కంప్యూటర్లు అవతరించాయో లేదో, వెంటనే వైద్యశాస్త్రంలో కూడా అవి వాడకంలోకి వచ్చాయి. ఎన్నో రకాల వ్యాధి లక్షణాలని పోల్చిచూసి కంప్యూటర్లు వెంటనే ఎంతో కచ్చితంగా రోగనిర్ణయం చేస్తాయి. ఎందు కంటే ఒక ఎలక్ట్రానిక్ ''మెదడు''కి చెందిన మెమొరీ ఎంతో మంది వైద్యుల అను భవాన్ని తనలో నిల్వవుంచుకోగలదు.



5. 61

లేజర్ల శక్తిసామర్థ్యాలన్నింటినీ ఇంజనీర్లు ఇంకా పరిశోధించలేదు. కాని వైద్య శాస్త్రం వాటిని అప్పుడే ఉపయోగించుకోవడం ప్రారంభించింది. శస్త్రచికిత్సలో వాటి ఉపయోగాల గురించి మనం ఇంతకుముందే చెప్పుకున్నాం. మానవజాతికి అతి ప్రాణాం తకమైన శత్రువు – గుప్తమైన, క్రూరమైన కేన్సర్‌కి వ్యతిరేకంగా పోరాడడానికి అవే కిరణ పుంజాలని వాడే ప్రయత్నం జరిగింది. డాక్టర్ మాక్‌గ్రాఫ్ ఆధిపత్యంలో బోస్ట

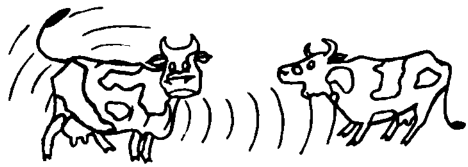


న్‌కి చెందిన శస్త్రవైద్యుల బృందం, కేన్సర్ వున్న ప్రాయోగిక కోతులని లేజర్ వికిరణానికి గురిచేసి 50 శాతం కోతుల కేన్సర్‌ని నయంచేసింది. కేన్సర్‌తో బాధపడుతున్న మనుషులకి కూడా ఆ కిరణ పుంజాలు సహాయపడతాయనే ఆశ వుంది.

5. 62

వైద్యశాస్త్రానికి ట్రాన్సిస్టర్లు ఎంతో ఉపయోగకరమైనవయ్యాయి. ఎందుకంటే ఎన్నో పరిశోధనల్లో ఉపయోగించే సాధనం ఎంతో చిన్నదై వుండాలి. ట్రాన్సిస్టర్లని ఆధారంచేసుకుని "ప్రసారక గుళిక"ని రూపొందించడం సాధ్యపడింది. రోగి ఆ గుళికని మింగుతాడు. పొట్టలోకి చేరుకున్న తర్వాత అక్కడి పరిస్థితులని గురించి ఆ గుళిక నివేదిస్తుంది. పశువుల పెంపకంలో ఆవే సాధనాలు ఎంతో ఉపయోగపడతాయి.

పోలండ్‌లోని మైదానాల్లో పశువులు పచ్చిక మేస్తాయి. ప్రతిదాని పొట్టలో అటువంటిదే ఒక గుళిక ఉంటుంది. సంకేతాలని గ్రహిస్తున్న పోలిష్ శాస్త్రవేత్తలు వాటిలో ఆహారం ఎలా జీర్ణం అవుతూంటుందో పరిశీలిస్తూ ఆవులకి సరిగ్గా సరిపడే పుష్టికరమైన ఆహారం కనుక్కుంటారు.



5. 63

అమెరికాలో ఈమధ్య ఒక ఒక వింతైన విషయం జరిగింది. ఇద్దరు రోగులు ఎంతో వింతైన రోగంతో డాక్టరు దగ్గరికి వెళ్లారు. ఏదో అజ్ఞాత స్వరం ఫలానా వస్తువుని కొనమంటూ వాళ్లని వెంటాడింది. ఒకోసారి సబ్బుని కొనమనో, ఇంకోసారి రిఫ్రిజిరేటర్‌ని కొనమనో ఆ సర్వం సూచించేది. అలా ప్రతీ రోజా జరగసాగింది.



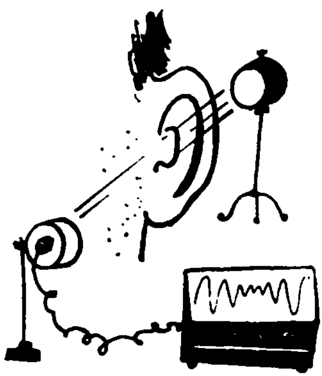
మనస్తత్వశాస్త్రవేత్త వాళ్లని పరీక్షించి అంతా బాగానే ఉందన్నాడు. వైద్యశాస్త్రానికి ఏమీ అంతుచిక్కలేదు. ఇంతలో అనుకోకుండా ఒక విశేషం బయటపడింది. ఆ ఇద్దరు రోగులూ

ఆమధ్యనే పళ్లకి తొడుగు వేయించుకున్నారనే విషయం వెల్లడయింది. పైగా, ఇద్దరి పళ్లకి తొడుగు వేసింది ఒకే పళ్ల వైద్యుడు కూడామా. తొడుగులని అతికడానికి వైద్యుడు వాడిన సిమెంటు పదార్థం కొన్ని చోట్ల అర్ధవాహక స్వభావం కలిగివుంది. తొడుగులలోపల అతిసూక్ష్మ (మినియేచర్) స్ఫటిక పెట్లు ఏర్పడ్డాయి. యాదృచ్ఛికంగా వాణిజ్య రేడియో ప్రసారాల తరంగదైర్ఘ్యానికి శృతిచేయబడి ఉన్నాయి. అందువల్ల పళ్ల వాడుల ద్వారా కనుగొనబడిన సంకేతం నేరుగా మెదడుకి ప్రసారం చేయబడేది. ఆవిధంగా వాణిజ్య ప్రసారాల స్వరం వాళ్లకి రోజా వినిపించేది.

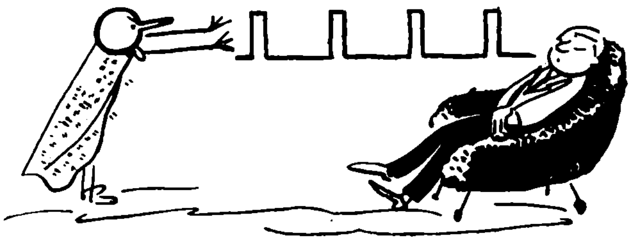
త్వరలో బహుశా ఈవిధమైన రేడియో సంబంధాలు ఏర్పరచుకోవడం ఎంతో ఎక్కువగా వాడకంలోకి రావచ్చు. ఎంతో మంది రోగులు తమ పంటి తొడుగుల్లో ఒక గ్రాహకాన్ని ఉంచుకోడానికి అభ్యంతరం చూపకపోవచ్చు. అయితే పైన చెప్పుకున్న ఇద్దరి రోగుల్లా బాధపడకుండా, ఆ గ్రాహకాలని కావల్సినప్పుడు ఆఫ్ చేసుకోగలిగినప్పుడే అలా జరుగుతుందని అనుకోవచ్చు.

5. 64

శస్త్రచికిత్స జరుగుతున్న సమయంలో రోగి ఉచ్ఛ్వాస నిశ్వాసాలని గమనించే పరికర నిర్మాణం ఎంతో ఆసక్తికరమైంది. సాధారణంగా రోగి ఊపిరి తీసుకునేటప్పుడు



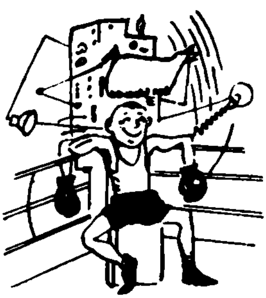
నిర్దిష్ట పరిమాణంలో ఆక్సిజన్ రక్తంలో ఉంటుంది. రక్తంలో దాని పరిమాణాన్ని బట్టి రక్తపు పారదర్శకత ఉంటుంది. రోగి చెవు మీద కాంతి పడేలాచేసి రెండో వైపున ఫోటోడయోడ్‌ని (5. 44) ఉంచితే చాలు, గొప్ప ప్రాధాన్యత గల ఒక సమస్య పరిష్కారమవుతుంది. అంటే, శస్త్రచికిత్స జరిగినంత సేపూ రక్తపు సంఘటనని కంట్రోలు చేయవచ్చు. వేరే మాటల్లో చెప్పుకుంటే, రోగి ఎలా ఊపిరి పీల్చుకుంటున్నాడో చూడటం సాధ్యపడుతుంది.



5. 65

విద్యుత్ స్పందనాలు మనిషి మీద కలిగించే ప్రభావం ఎంతో వింతగా వుంటుంది. అవి మనిషిని గాఢంగా నిద్రపోయేలా చేస్తాయి. దానికి కారణం ఏమిటో ఇప్పటికింకా సరిపడా తెలియదు. అయితే ఫలితాలలో మాత్రం సందేహంలేదు. నాడీ వ్యాధులకి చికిత్స చేయడంలో ప్రత్యేకమైన స్పందన జెనరేటర్ ఒక అద్భుతమైన మందుగా పనిచేస్తుంది.

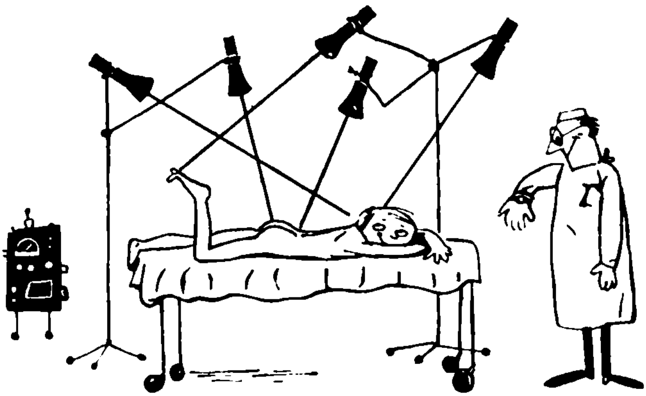
5. 66



అయితే ఇతర పౌనఃపున్యాలతోనూ, డోలన పరిమితితోనూ స్పందనాలు ఎంతో శక్తినీ, ఉత్తేజాన్నీ కలిగిస్తాయి. పక్షవాతం తర్వాత వచ్చే దుష్ఫలితాలని తొలగించడానికి దెబ్బతిన్న కండరాలకి తర్ఫీదునివ్వడంలో వాటిని ఉపయోగించవచ్చు. ఎలక్ట్రిక్ మర్దనా సాధనాలు, ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం గల స్పందనాలని కలిగించే ఎలక్ట్రానిక్ స్టిమ్యులేటర్లు — ఈ రెంటినీ కలిపి ఉపయోగిస్తూ దాన్ని సాధిస్తారు.

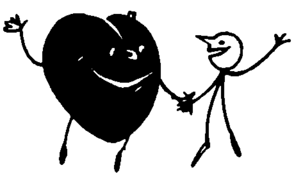
5. 67

అక్యుపంక్చర్ (శరీరంలోకి సన్నని సూదులని గుచ్చే పద్ధతి ద్వారా జరిపే చికిత్స)లో విద్యుత్ స్పందనాలని ఉపయోగించే సమస్యని ప్రస్తుతం అధ్యయనం చేస్తున్నారు. కాని విద్యుత్ స్పందనాలని వాడేటప్పుడు అక్యుపంక్చర్ అనే మాటని వాడాల్సిన అవసరమే ఉండదు. ఎందుకంటే సూదులని గుచ్చవలసిన అవసరమే ఉండదు. అతి సన్నని సూదులకి ఏమాత్రం తీసిపోకుండా విద్యుత్ స్పందనం సజీవ కణజాలంలోకి చొచ్చుకుపోయి నిర్ణీత నాడీ కేంద్రాలని ఉత్తేజపరుస్తుంది.



5. 68

''లేటరల్ హార్ట్ బ్లాక్'' అని పిలవబడే గుండె జబ్బు గురించి వైద్యశాస్త్రానికి ఎప్పుడో తెలుసు. గుండె కొట్టుకోవడం నిమిషానికి 20–30 దాకా పడిపోతుంది. మృత్యువు రోగి ముఖంలోకి తొంగి చూస్తూంటుంది. ఆ వ్యాధితో పోరాడటానికి మాస్కోలోని ద్వితీయ వైద్య విద్యాలయపు వైద్యులు ఎలక్ట్రానిక్ స్టిమ్యులేటర్లని ఉపయోగించడానికి నిర్ణయించుకున్నారు. వాళ్ళు పబ్లిక్ డిజైనింగు బ్యూరో సహాయం అడిగారు. ఎలక్ట్రానిక్ హార్ట్ స్టిమ్యులేటర్ల సంగతి అంతకు మునుపే తెలుసు. అయితే స్పందన జెనరేటర్లని ఎప్పుడూ గుండె బయటే వుంచేవారు. అలాగే గుండెలోకి ప్రత్యేకమైన ఎలక్ట్రోడ్‌లని ప్రవేశపెట్టేవారు. ఆ పద్ధతి ఎంతో అసౌకర్యవంతమైనదే కాకుండా ప్రమాదకరమైంది కూడానూ. ఎలక్ట్రోడ్‌ల కోసం నిర్దేశించబడిన రంధ్రాల గుండా సూక్ష్మ జీవులు



లోపలికి జారబడే అవకాశం వుంది. వైద్యులూ, ఇంజనీర్ల సహకారం లోపల స్థాపించే అర్ధవాహక స్టిమ్యులేటర్ ఆవిష్కరణకి దారితీసింది. దాని బరువు 125 గ్రాములు మాత్రమే ఉంటుంది. ఎంత తక్కువ శక్తిని అది వినియోగించుకుంటుందంటే, ఒక చిన్న బేటరీతో స్టిమ్యులేటర్ రెండున్నర సంవత్సరాలు ఆగకుండా పనిచేస్తుంది.

ఎవరికి ఎవరు రుణపడివున్నారు?

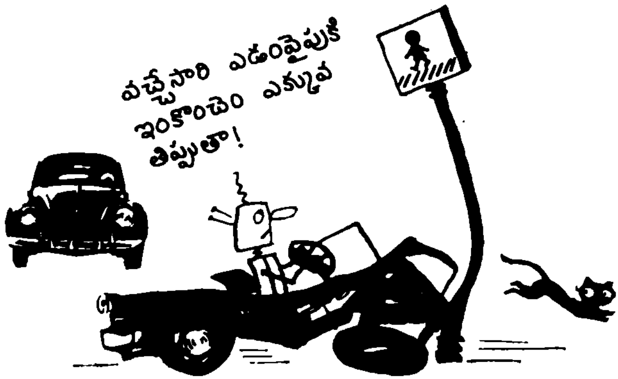
కొన్ని "సజీవ సాధనాల" డిజైనును ఎంత క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేయవచ్చంటే, సాంకేతిక అవసరాల కోసం ఇంజనీరుకు దాని పూర్తి నకలుని తీయడం తప్ప మరేమీ చేయనవసరం ఉండని సమయం ముందుముందు రావచ్చు. అయితే ప్రస్తుతానికి మాత్రం ఆ సమస్యలని మరోలా పరిష్కరిస్తున్నారు. ఎందుకంటే రాడార్‌లు గబ్బిలాల మూలంగా కనుక్కోబడలేదు. వాటిని ఇంజనీర్లు రూపొందించారు. రాడార్ యంత్రాంగంలో ఉప యోగించే ఎన్నో పద్ధతులూ సాధనాలూ గబ్బిలాల అధ్యయనానికి సహాయపడ్డాయంతే.

అయినప్పటికీ ఆ ప్రక్రియని వెనక్కి తిప్పడానికి ప్రయత్నించడం ఈ రోజున సాధ్యమవుతుంది. "ప్రకృతి నుంచి నేర్చుకోవడానికి" బయోనిక్స్ మనకి అనుమతిస్తోంది. పొద్దు తిరుగుడు పువ్వు నుంచి సూర్యుడి కదిలే దిశని గమనించడం ఇంజనీర్లు తెలుసు కుంటున్నారు. ఉండీ లేనట్లుండే వాసనలని కనుక్కునే సామర్థ్యాన్ని చేపలూ, కుక్కల దగ్గర నుంచి తీసుకుంటున్నారు. వేగంగా ఈదడానికి వాటి ఆకారం, శరీర నిర్మాణాల దృష్ట్యా మనిషికి ఉదాహరణని ఇస్తున్నాయి. ఎగిరే పరికరాల యాత్ర అత్యంత లాభ దాయకంగా వుండేలా చూడాలంటే ఏ విషయాలు అవసరమో వాటి గురించి కొంగలు మనిషి మెదడుకు మేతవేస్తున్నాయి.

ప్రకృతిలో ఎన్నో అటువంటి లోపరహిత "సాధనాలు"న్నాయి. వాటి గురించి ఇంజనీర్లు ప్రస్తుతానికింకా కలలు మాత్రం కనగలరంతే. రాటిల్ పాముకి పరారుణ తరంగదైర్ఘ్యాలకి శృతి చేయబడిన గ్రాహకం ఉంటుందని కనుగొనబడింది. ఆ గ్రాహకం ఎంత లోపరహితమైనదిగా ఉంటుందంటే, ఒక డిగ్రీలో కొన్ని వేలో వంతు ఉష్ణోగ్రతా భేదానికి కూడా అది ప్రతిస్పందిస్తుంది! ఉష్ణాన్ని వికిరణం చేసే ఏ జీవీ అటువంటి గ్రాహకపు నిఘా నుంచి తప్పించుకోలేదు.

కప్పల, "గుర్రపు-వాడా" ఎండ్రకాయల కళ్ళు ఒక నేపథ్యంలో వుండే ఇతర వస్తువులన్నిటి మధ్య నుంచీ ఏదైనా ఒక వస్తువుని దాని రూపురేఖలని తీవ్రంచేసి గుర్తిం చగల సామర్థ్యాన్ని కలిగివుంటాయి. అద్భుతమైన ధర్మం! అటువంటి ధర్మం గల సాధనం ఎంతో ఎత్తు నుంచి తీసిన రాంట్‌జెనోగ్రాములు లేక ఏరియల్ ఫోటోగ్రాపులని ఎంతో క్షుణ్ణంగా విశ్లేషించ గలిగి ఉండేది.

పావురాలు తమ దిశని ఎలా తెలుసుకుంటాయి? ఎప్పుడూ అవి నేరుగా ఇంటికి ఎలా తిరిగివస్తూంటాయి? వాటిని ఒక చీకటి బుట్టలోకి తరిమివేసినా అవి పారబడ కుండా ఇంటికి తిరిగివస్తాయి.



దీనికి సంబంధించి ఎన్నో ఊహాగానాలున్నాయి. పావురం సౌర వికిరణాన్ని గ్రహించడం ద్వారా తన దిశని తెలుసుకుంటుందని కొందరు అంటున్నారు. పావురానికి ప్రత్యేకమైన "సాధనమేదో" ఉంటుందనీ, అది భూభ్రమణానికి ప్రతిస్పందిస్తుందనీ మరికొందరు నమ్ముతున్నారు. భూ అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని గ్రహించడం ద్వారా పావురాలు తమ దిక్కుని తెలుసుకుంటాయనే పరికల్పన ఇంకొందరు ప్రతిపాదిస్తున్నారు. సమస్య ఇంకా అధ్యయనం చేయబడుతోంది. సహజంగా, మళ్లీ ఎలక్ట్రానిక్స్ సహాయంతోనే! ఒక పావురానికి అతిసూక్ష్మ రేడియో ప్రసారిణిని అమర్చారు. దాని సంకేతాల సహాయంతో పావురం జరిపే యాత్రవంతా గమనించడం వీలుపడుతుంది.

పావురాలకి ఏమీ తీసిపోకుండా సముద్రంలో తాబేళ్లు తమ దిశని గుర్తించుకుంటాయి. అవి వేల కొలది కిలోమీటర్లు ఈదుకుంటూ వెళ్లి గుడ్లు పెట్టడానికి ఒక నిర్దిష్ట స్థానానికి చేరుకుంటాయి.

ఇంజనీర్లకి ఎంతో అసూయ కలిగించే ధర్మం ఇంకొకటి జీవులన్నింటికీ ఉంటుంది. ఎంతో తేడాగా వుండే, ఒకోసారి ఆకస్మిక పరిస్థితులకి కూడా అలవాటుపడే సామర్థ్యం, కొత్త పరిస్థితుల్లో స్థానాన్ని తెలుసుకునే సామర్థ్యం, పరిసర పరిస్థితులతో అన్యోన్యచర్య జరుపుకునే సామర్థ్యం, జీవులకి ఉంటుంది.

ఈ విషయంలో, ఎంతో సంక్లిష్టమైన ఆటోమేటిక్ యంత్రాలు కూడా అతి సరళమైన జీవుల కంటే బాగా మొరటైనవిగా ఉంటాయి. ఇది ఎంతో అవసరమైన ధర్మం. అదే ధర్మం లేకుండా నగరపు వీధుల గుండా కారుని నడపగల ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాన్ని రూపొందించడం, ఉత్పత్తికి సంబంధించిన ఎన్నో సంక్లిష్ట సమస్యలని పరిష్కరించడం, శాస్త్రీయ ప్రయోగాల్ని నిర్వహించడం సాధ్యం కాదు. పైన చెప్పుకున్న విషయాలన్నింటిలోనూ అనుకోని చిక్కులు ఎన్నో సంభవించవచ్చు. ఏ జీవైనా దాదాపు

అన్ని సందర్భాల్లోనూ చిక్కు పరిస్థితి నుంచి బయటపడుతుంది. కాని ప్రస్తుతానికింకా కంప్యూటర్లకి అటువంటి విషయంలో లొసుగులున్నాయి. వాటి ప్రోగ్రాములో ఏ ఒక్క విషయాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోకపోయినా, దాని మొత్తం కంట్రోలు ప్రక్రియ అంతా స్తంభించిపోతుంది.

ఈ సమస్యలను పరిష్కరించడంలో కూడా బయోనిక్స్ సహాయపడుతుంది. ఆ సమస్యలని జీవులు ఎలా పరిష్కరిస్తున్నాయో తెలుసుకోడం అవసరం.

బయోనిక్స్ ఒక కొత్త శాస్త్రం. ప్రస్తుతానికింకా సమగ్రమైన సార్వత్రిక పద్ధతులు ఏవీ దానికి అందుబాటులో లేవు. బయోనిక్స్ గురించి ప్రత్యేక పాఠ్య గ్రంథాలూ ఇంకా రాయబడలేదు. అలాగే విపులమైన మౌలిక గ్రంథాలూ లేవు. కానయితే, ఎలక్ట్రానిక్సూ, జీవశాస్త్రాలూ, ఈ రెండింటికీ ఉమ్మడి ప్రయోజనాలూ అవకాశాలూ ఉన్నాయి. ఇంకా కనుగొనబడని ప్రకృతి సూత్రాలున్నాయి. వాటిని తెలుసుకోవడానికి, అర్థంచేసుకోవడానికి, ఉపయోగించుకోవడానికి శక్తినంతా ధారపోయాల్సిందని భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులకీ, జీవశాస్త్రజ్ఞులకీ, ఇంజనీర్లకీ చేసే విజ్ఞప్తి వుంది.

ఒక శాస్త్రంగా బయోనిక్స్ ఇంకా ఏర్పడలేదని కూడా చెప్పుకోవచ్చు. దాని పేరు ఇప్పుడిప్పుడే బయటకు వచ్చింది.

ఒక్క శతాబ్దంలో సాధింపబడ్డ విజయాలు

ఇదిగో, మనం చివరికి వచ్చేశాం. ఇంకా మనం దారిలో ఎదుర్కొన్న విషయాలన్నింటినీ టూకీగా చెప్పుకోవచ్చు.

ఎన్నో విషయాల గురించి చెప్పాలనిపించినా, ప్రధానమైన విషయాలకి మాత్రమే పరిమితమై ఉండాల్సివచ్చింది. ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి క్రమంలోని వివిధ దశల్లో తలఎత్తి, ఆ దివ్యమైన మార్గంలో మైలు రాళ్లలా నిలిచిన ప్రాథమిక భావాల గురించి మాత్రమే చెప్పుకున్నాం. ఒకే భావాన్ని ఎంతో వైవిధ్యం గల వివిధ లక్ష్యాలకి ఎలా ఉపయోగించవచ్చో చూపించాం. గ్రీకుల రాజ భవంతులూ, గుళ్ళూ, అద్భుతమైన శిల్పాలూ, లేకుండా వారి పురాతన సంస్కృతి ఎలా ఉండదో సరిగ్గా అలాగే ఎలక్ట్రానిక్స్ లేకుండా 20వ శతాబ్దం ఉండదని పాఠకుడిని ప్రధానంగా నమ్మించ ప్రయత్నించాం.

మీరే ఆలోచించండి! బ్రహ్మాండమైన ఎలక్ట్రానిక్స్ కట్టడమంతా మానవుడిచేత ఒకే ఒక్క శతాబ్దంలో నిర్మించబడింది. ఒక్క 100 ఏళ్ల క్రితమే హెల్మహోల్ట్జ్ ''విద్యుచ్ఛక్తిలో అంశాన్ని'' కనుగొన్నాడు. దాన్ని మోసుకెళ్లేదాన్నే తర్వాత ఎలక్ట్రాన్ అన్నారు.

మార్గం చివరకి వచ్చేసినప్పుడు ఆఖరి సారి వెనుదిరిగి చూడటం మంచిది. అప్పుడు ఒక విశాల దృశ్యం మీ కళ్ల ముందు అవతరిస్తుంది. మనస్సులో కలిగే ఆఖరి అభిప్రాయం సంపూర్ణమైనదిగా ముద్రవేసుకుని ఉండిపోవచ్చు.

అసలు ఎలక్ట్రానిక్స్ ఎలా వుంటుందో ఆ ఆఖరి చూపులో పూర్తిగా చూడ్డానికి ప్రయత్నిద్దాం.

బ్రహ్మాండమైన చెట్టునొకదాన్ని ఊహించుకుందాం. దాని వేళ్ళు విజ్ఞానశాస్త్ర భూమిలో ఎంతో లోతుగా పాతుకుని ఉంటాయి. అదే సమయంలో చెట్టు కొమ్మలు జ్ఞానానికి సంబంధించిన అన్ని క్షేత్రాలకి విస్తరిస్తాయి.

బ్రహ్మాండమైన ఆ చెట్టు అలా నేడు కనబడుతుంది. కాని రేపటి రోజున, పది, ఇరవై ఏళ్లలో దానికేమవుతుందో? శాస్త్రజ్ఞుడు ఆ ప్రశ్నకి జవాబివ్వడానికి సాహసించడు. చివరికి కాల్పనిక శాస్త్రీయ కథల రచయిత కూడా అంత ధైర్యం చేయడు. ఎటువంటి కొత్త కొమ్మలు మొలుస్తాయో, అవేమి పళ్లని ఇస్తాయో ఎవరు చెప్పగలరు? శతాబ్దారంభంలో ఇంతా చేస్తే ఆ చెట్టు తన తొలి మొలకనిచ్చిందంతే.

పొపొవ్ రూపొందించిన తొలి రేడియో కేంద్రం 1900వ సంవత్సరంలో క్రాన్‌ష్టాట్, గోగ్‌లండ్ దీవుల మధ్య రేడియో సంబంధాన్ని ఏర్పరిచింది. అప్పటి నుంచి ప్రతీ దశాబ్దమూ ఒక కొత్త కొమ్మని ఇచ్చింది.

తొలి దశాబ్దం (20వ శతాబ్దంలో) — ఎలా మాట్లాడాలో రేడియో నేర్చుకుంటోంది.

ఇరవైలు — సుదూర ప్రసారాలు. అయనావరణం పరావర్తనం చెందించిన అతి హ్రస్వ తరంగాలతో సమాచార సంబంధాలు.

ముప్పైలు — టెలివిజన్‌ని వశంచేసుకోవడం

నలభైలు — రాడార్ స్టేషన్‌లు, 3 సెంటీమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యాలు, అద్భుతమైన సాధనాలు: క్లిస్ట్రోన్, మాగ్నెట్రాన్, వయనించే తరంగ గొట్టం.

యాభైలు — కంప్యూటర్లు, అర్ధవాహక సాధనాల ప్రవేశం.

అరవైలు — క్వాంటం డోలకాలు, కాంతి పుంజాలు రేడియో తరంగాల సహాయానికి వచ్చాయి.

డెభ్భైలు, ఆపైన ...

ముందు దశాబ్దాలు ఏం తెస్తాయో? ఊహించడం అంత తేలికేమీ కాదు. ఇరవై ఏళ్ల క్రితం ఎలక్ట్రానిక్ మెదడు గురించి కాని, లేక ''తెలివైన'' యంత్రాలని రూపొందించడం గురించి కాని ఎవరి ఊహకీ తట్టనయినా తట్ట లేదు.

ఇప్పటి దాకా ఎలక్ట్రానిక్స్ వేగంగా ముందుకు సాగింది. కాని శతాబ్దంలోని రెండో అర్ధభాగంలో దాని అభివృద్ధి ఇంకా వేగంగా జరుగుతుంది. దాని అభివృద్ధిలోని పోకడలన్నింటినీ ఎవరూ ఊహించలేరు. కానయితే, సమీప లేక సుదూర భవిష్యత్తులో ఇంజనీరింగులో ఎటువంటి నూతన శాఖలు అవతరించినా ఎలక్ట్రానిక్స్ మాత్రం చాలా కాలం పాటు అగ్రభాగాన ఉంటుందని ధైర్యంగా చెప్పకోవచ్చు.

ప్రకరణం 6
ఇరవై ఏళ్ళు గడిచాక

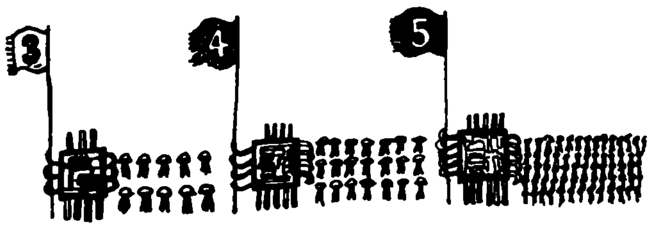
'వినోదకరమైన ఎలక్ట్రానిక్స్'' తొలి ముద్రణ జరిగినప్పటి నుంచి 20 ఏళ్ల కాలంలో ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిలోని ప్రధాన ధోరణుల గురించీ, దాని ముఖ్యమైన విజయాల గురించీ ఈ ప్రకరణంలో చెప్పుకుంటాం.

తరాలు ఎలా మారతాయి

ఈ పుస్తకం తొలి ప్రచురణ 20 ఏళ్ల క్రితం జరిగింది. శాస్త్ర – సాంకేతిక అభివృద్ధి యుగంలో 20 ఏళ్లంటే, అదేమీ తక్కువ కాలం కాదు. అందులోనూ ప్రతీ కొత్తదాన్నీ స్పాంజిలా పీల్చేసుకునే సాంకేతికశాస్త్ర విభాగం – ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి.

సోవియట్ యూనియన్‌లో ఇరవైలలో తొలి రేడియో కేంద్రం పని ప్రారంభించింది. 60 ఏళ్లు గడిచేసరికల్లా రేడియో సంబంధాల సాంకేతిక శాస్త్రం ఎలక్ట్రానిక్స్‌తో కలిసి రేడియో సంబంధాల్లో 4, 5, 6 తరాలకి చెందిన పరికరాలని నిర్మిస్తోంది.

ఇంతకీ ఇక్కడ తరం (జెనరేషన్) అంటే ఏమిటి? ఒకదానికీ రెండో దానికీ మధ్యవుండే తేడా ఏమిటి? ఏ కారణాల వల్ల, ఏ సమయంలో, ఒకదాని స్థానంలో మరొకటి అవతరిస్తుంది. ఎలక్ట్రానిక్ సాంకేతికశాస్త్ర నిరంతర అభివృద్ధి క్రమంలో రెండు తరాల మధ్య తేడాని చూపే గీతని గీయడం నిపుణులకి ఎలా సాధ్యపడుతుంది?



తొలి జెనరేషన్‌కి చెందినవే శూన్య ఎలక్ట్రానిక్ వాల్వులు (1. 10 – 1. 16; 1. 25 – 1. 34).

ఆ పరికరాలని భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు ఒక్క పరిశోధనల నిమిత్తం సృష్టించారు. ఎలక్ట్రాన్ ఉద్గారాన్ని అధ్యయనం చేయడానికి డయోడ్ రూపొందించబడింది. ట్రయోడ్ – ఎలక్ట్రాన్ ధారని కంట్రోలు చేసే అవకాశాలని పరిశోధించడానికి, ఎలక్ట్రోడ్ గొట్టం (మొదట్లో కేథోడ్‌రే గొట్టం అనేవారు) – కేథోడ్ కిరణాల ధర్మాలని అధ్యయనం చేయడానికి రూపొందించబడ్డాయి.

తర్వాత, ఎలక్ట్రానిక్స్ అనే పరికరాలని ఒక నిర్దిష్ట ప్రాయోగిక లక్ష్యాల కోసం వాడడం ప్రారంభించింది. ఎలక్ట్రానిక్స్ పుణ్యమా అనే ఆ పరికరాలన్నీ ప్రయోగశాలలని వదిలి మానవ జీవిత రంగాలన్నింటిలోనూ మనిషికి ఉపయోగించడం మొదలెట్టాయి.

డయోడ్‌ల, ట్రయోడ్‌ల అరేఖీయ ధర్మాలని, ధ్వని సంకేతాలని, టెలివిజన్ సంకేతాలని రూపాంతరణానికి, ప్రసారాలకి ఉపయోగించడం మొదలెట్టారు (ప్రకరణం 3. 29–3. 35 భాగాలు). కేథోడ్ గొట్టాన్ని టెలివిజన్‌లోనూ ఆ తర్వాత రాడార్‌లోనూ, ఆపైన డిస్‌ప్లే టెక్నిక్‌లలోనూ, అలా ఎన్నో ఇతర రంగాల్లోనూ ఉపయోగించనారంభించారు.

మన శతాబ్దం మధ్యలో భౌతికశాస్త్రం ఘనపదార్థాల లోపల చోటుచేసుకునే అరేఖీయ ప్రభావాలని పరిశోధించడానికి పూనుకొంది. ఎలక్ట్రాన్‌లు, రంధ్రాల మధ్య అన్యోన్యచర్య, టనెల్ ఫలితం, అలాగే ఇతర ఫలితాలకికూడా అరేఖీయ లక్షణమే ఉంటుంది. అందుకనే వాటిని కూడా వాక్యూమ్ డయోడ్, ట్రయోడ్‌లని ఎక్కడ వాడతామో అక్కడే వాడవచ్చు. అయితే వాటికి చెప్పుకోదగిన సౌకర్యాలు ఎన్నో ఉన్నాయి: ఒకటి – బరువు, పరిమాణం విషయంలో; రెండు – శక్తి వినియోగంలో: అర్ధవాహక డయోడ్‌లు, ట్రయోడ్‌లు (ట్రాన్సిస్టర్లు) వాక్యూమ్ డయోడ్‌లు, ట్రయోడ్‌ల కంటే 10 రెట్లు తక్కువ శక్తిని వాడుకుంటాయి; మూడు–నమ్మకత్వంలో: అన్ని రకాల దెబ్బలకీ, కుదుపులకీ శూన్య వాల్వుల గాజు తొడుగు ముందుగా దెబ్బతింటుంది. అయితే, మొదట్లో ఉష్ణోగ్రతల్లో మార్పులకి తట్టుకుని నిలబడటం రీత్యా చూస్తే అర్ధవాహక ఘటాలు వాక్యూమ్ పరికరాలకి, తీసిపోయి ఉండేవి. కాని సాంకేతికంగా ఎన్నో మార్పులు వచ్చిన తర్వాత అర్ధవాహక పరికరాల ధర్మాలు వాక్యూమ్ వాల్వుల ధర్మాలకి ఏమాత్రం తీసిపోలేదు.

ఆవిధంగా రెండవ జెనరేషన్ ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు – అర్ధవాహకాల మీద ఆధారపడి తయారైన డయోడ్‌లు, ట్రయోడ్‌లు (ట్రాన్సిస్టర్లు) అవతరించి, అభివృద్ధిచెంద నారంభించాయి.

శూన్యం లేని గ్రాహకాలు, ప్రసారిణిలు తొలి తరంకి ముందే ఉండేవని చెప్పుకోవాలి. రెండవ ప్రకరణంలో వర్ణించబడిన ఎ. సి. పొపొవ్ కేంద్రం వాక్యూమ్ వాల్వులు లేకుండానే పనిచేసింది. ఎ. సి. పొపొవ్, జి. మార్కొనీలు రూపొందించిన వైర్‌లెస్ సంబంధాల తొలి కేంద్రాలు ఎంతో ప్రధానమైన పాత్రని వహించాయి. విద్యుదయస్కాంత తరంగాలని ఉపయోగించుకోవడం ద్వారా వైర్‌లెస్ సంబంధాలని ఏర్పరచవచ్చని వారు నిరూపించారు. కాని జెనరేషన్‌లని పేర్కొనలేదు. ఎందుకంటే ఏ విస్ఫులింగ ఉత్సర్గాల ఆధారంగా వాల్వులు లేని గ్రాహక – ప్రసారిణి కేంద్రాలు నిర్మించబడ్డాయో, వాటి అవకాశాలు చాలా పరిమితంగా ఉండేవి. ఆ ఉత్సర్గాల సహాయంతో మనిషి గొంతును గాని, ఆర్కెస్ట్రా ధ్వనులని గాని ప్రసారం చేయడం సాధ్యంకాదు. కామా, ఫుల్‌స్టాప్, టెలిగ్రాఫ్‌కోడ్ మాత్రమే ప్రసారం చేయవచ్చు. అదృష్టవశాత్తూ సరిగ్గా ఆ సమయం

లోనే డయోడ్ తర్వాత ట్రయోడ్‌లు సృష్టించబడ్డాయి. తొలి తరానికి చెందిన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు మొదట రేడియో, ఆ తర్వాత టెలివిజన్ ప్రసారాలని ఏర్పరిచి ఎంతో వేగంగా అభివృద్ధిచెందసాగాయి. తొలి రాడార్ స్టేషన్లకి, తొలి జెనరేషన్ కంప్యూటర్లకి (వాల్వు కంప్యూటర్) ఆ తొలి జెనరేషనే మూలం అయింది.

వాటి స్థానంలో అర్ధవాహకాలు వచ్చాయి. ఆరంభ దశలో వాల్వుల మాదిరిగానే ప్రతి డయోడ్‌ని, ట్రయోడ్‌ని లోహపు తొడుగులో ఉంచేవారు. ఎలక్ట్రానిక్ సాధనాలు, పరికరాలని రూపొందించేటప్పుడు డయోడ్‌లని, ట్రయోడ్‌లని కూర్చడం వీలుగా ఉండటం కోసం మైక్రోమాడ్యూల్‌ల నిర్మాణం ప్రతిపాదించబడింది (ప్రకరణం 5. 51 –5. 54 భాగాలు) ఇరవై ఏళ్ల క్రితం ఆ రకం నిర్మాణానికి ఎంతో భవిష్యత్తు ఉందనిపించింది. అయితే నిజంగా జరిగింది ఇంకోలా ఉంది. అతి త్వరలో మైక్రోమాడ్యూల్‌లు "రంగాన్నుంచి నిష్క్రమించాయి." వాటి స్థానంలో ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌లు ఒక్కుమ్మడిగా దూసుకుంటూ రంగాన్ని ప్రవేశించాయి.

దాని అర్థం, ముందు అధ్యాయాల్లో చెప్పుకున్న సూత్రాలన్నీ పాతబడిపోయాయనా?

ఎంతమాత్రం కాదు. అన్ని ఆధునిక ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలకీ కూడా ఆ సూత్రాలే మూలం. అయితే, మొదటి రెండు జెనరేషన్ల ఎలక్ట్రానిక్ సాంకేతికశాస్త్రం ఉపయోగించుకోని కొత్త సూత్రాలూ వాటికి వచ్చి చేరాయనుకోవచ్చు.

మొదటి రెండు జెనరేషన్లూ ఒక్క విద్యుత్, విద్యుదయస్కాంత ప్రభావాలనే ఆధారంచేసుకుంటే, ఆధునిక ఎలక్ట్రానిక్స్ కాంతి, ధ్వని తరంగాలని వాడుకోవడం మీద ఆధారపడిన సూత్రాలనెన్నిటినో తనలో ఇముడ్చుకుంది. ఆ ప్రభావాలని ఎలా ఉపయోగించుకుంటాయో తర్వాత చెప్పుకుందాం. ప్రస్తుతానికి ఈ శతాబ్దారంభం నుంచి నేటి దాకా వాడుకలో వున్న అన్ని జెనరేషన్ల ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలూ ఏ సూత్రాల మీద ఆధారపడి ఉంటాయో, వాటి "స్థిరమైన జీవితం" గురించి చెప్పుకుందాం.

అటువంటి సూత్రాల కోవకి చెందినవే విద్యుదయస్కాంత, విద్యుత్ డోలనాల ఉత్తేజనం, రూపాంతరణలకు (ప్రకరణం 3. 29 – 3. 35) ఎలక్ట్రాన్‌లకి అయస్కాంత క్షేత్రానికి మధ్యనుండే అన్యోన్యచర్యకి (3. 44 – 3. 50, 4. 15 – 4. 20) చెందిన సూత్రాలూ, అలాగే ఇతర సూత్రాలూను.

ఆ సూత్రాలనాధారంగా నిర్మించబడిన సాంకేతిక సాధనాలూ, పరిష్కారాల సంగతి చెప్పుకుంటే, సహజంగానే వాటిలో కొన్ని పాతబడిపోయి, తప్పుకుని ఇంకా ఆధునిక నిర్మాణాలకి దారినిచ్చాయి. ఉదాహరణకి, మైక్రోఎలక్ట్రానిక్స్ సృష్టించిన పొరల్లాంటి (పల్చటి) ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌లు రాగానే మైక్రోమాడ్యూల్‌లు పోటీలోంచి తప్పుకున్నాయి.

వరిగ్గా 5వ ప్రకరణంలో పేర్కొన్న "ఫెరైట్ మెమొరీ" కూడా స్వల్ప కాలం మాత్రమే ఉంది. వాటిని అయస్కాంత డిస్కులు పూర్తిగా తుడిచిపెట్టేశాయి. వీటి స్థానంలో అప్పుడే 'ఆప్టికల్ డిస్కులు' వస్తున్నాయి. వీటి మెమొరీ శక్తి అయస్కాంత మెమొరీ శక్తికన్న సుమారు వెయ్యి రెట్లు ఎక్కువ ఉంటుంది.

50 సంపుటాల్లో ముద్రబడిన పెద్ద సోవియట్ ఎన్‌సైక్లోపీడియాలోని సమాచారాన్నంతటినీ ఈరోజున లేజర్ సహాయంతో 120 మిల్లీమీటర్ల వ్యాసం, కొన్ని కాగితాల మందం మాత్రమే ఉన్న ఆప్టికల్ డిస్కు మీద నమోదు చేయవచ్చు.

ఆవిధంగా, మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి పుణ్యమా అని ఎలక్ట్రానిక్ సాంకేతిక శాస్త్రంలో మూడవ జెనరేషన్ – పల్చటి పొరల, సాలిడ్ సర్క్యూట్‌ల జెనరేషన్ అవతరించింది (ప్రకరణం 5. 55 – 5. 57).

ఆపైన జెనరేషన్ల మధ్య సరిహద్దులని సమాకలనం (ఇంటిగ్రేషన్) స్థాయిని బట్టి నిర్ణయిస్తారు. అంటే ఒక సెంటీమీటర్ ఘనపరిమాణం గల ఒక స్ఫటికంలో ఇమడగల మైక్రోడయోడ్‌లు, మైక్రోట్రయోడ్‌ల సంఖ్య ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే ఇంటిగ్రేషన్ స్థాయి అంత ఎక్కువన్నమాట.

మూడవ జెనరేషన్‌కి చెందిన మైక్రో సర్క్యూట్‌లలో ఒక స్ఫటికంలో వెయ్యి అంశాలు ఇమిడితే, నాలుగవ జెనరేషన్‌లో 10 వేల అంశాలు ఇమడగలుగుతాయి. అయిదవ జెనరేషన్‌లో ఇమిడేది 100 వేలయితే, ఆరవ జెనరేషన్‌లో మిలియన్ అంశాలు ఇముడుతాయి.

దానికి తగినట్లే ప్రతీ స్ఫటికంలోనూ ఉంచబడిన సర్క్యూట్ అవకాశాలూ పెరుగుతున్నాయి. మూడవ జెనరేషన్‌కి చెందిన మైక్రో సర్క్యూట్ వేర్వేరు లెక్కలని మాత్రమే చేయగలిగితే, అయిదవ జెనరేషన్ తన స్ఫటికంలో పూర్తిగా ఒక కంప్యూటర్‌నే ఇమిడ్చే అవకాశాన్ని కలిగివుంటుంది.

ప్రకరణం 5, 5.56లోని చిత్రంలో 20 ఏళ్ల క్రితం కంప్యూటర్‌ని సూట్‌కేస్‌లో చూపించడమనేది ఒక అతిశయోక్తిగా చూపెట్టబడింది. అయితే అది నిజమే అన్నట్లు ఈ రోజు స్వంత వినియోగం కోసం వాడే విడి కంప్యూటర్లని చిన్న సూట్‌కేస్‌లో ఇమిడిపోయేటట్లు నిర్మించగలుగుతున్నారు.

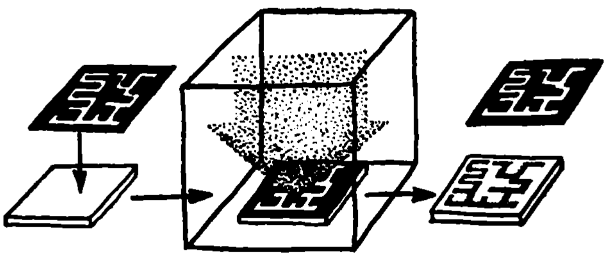
కొన్ని గదులని ఆక్రమించి వుండే వాల్వుల కంప్యూటర్ల నుంచి సూట్‌కేస్ అంత ఉండే నేటి వ్యక్తిగత కంప్యూటర్ల వరకు ఉన్న కష్టతరమైన మార్గాన్ని అధిగమించడంలో ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి కఠిన సమస్యలనెన్నిటినో పరిష్కరించాల్సి వచ్చింది.

రేడియో వాల్వుల స్థానంలో ముందు అర్ధవాహకాలని, ఆపైన ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌లని ఉంచడానికి సర్క్యూట్ టెక్నిక్‌లోనూ, నిర్మాణానికి సంబంధించిన

సూత్రాల్లోనూ, ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని తయారుచేసే సాంకేతిక పరిజ్ఞానంలోనూ పూర్తి మార్పులను తీసుకురావలసి వచ్చింది.

అర్ధవాహకాలతో తయారయే పరికరాలని బాగా విస్తృతంగా తయారుచేయడానికి ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి నమ్మశక్యంకానంత శుద్ధమైన అర్ధవాహక పదార్థాలని అందించాల్సి వచ్చింది. ట్రాన్సిస్టర్లని, డయోడ్‌లని తయారుచేయడానికి ఉపయోగించే సిలికాన్‌లో ఉండదగిన మలినాలు మాటిలో మిలియన్ వంతు భాగాన్ని మించ కూడదు. ఇక జెర్మానియం సంగతి చెప్పనక్కర్లేదు. అది మరీ శుద్ధమైనదై ఉండాలి. జెర్మానియంలో మాటికి వంద మిలియార్డుల వంతు భాగాన్ని మించి మలిన పదార్థాలుంటే అర్ధవాహక టెక్నిక్ అవసరాలకి అది ఇంకా పనికిరానట్లే.

సహజంగానే, ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌ల విషయంలో కూడా సిలికాన్, జెర్మానియంలు అంత శుద్ధమైనవై ఉండితీరాలి. అలాగే వాటికి తోడు మైక్రో సర్క్యూట్‌ల తయారీలో విస్తృతంగా వాడబడే పదార్థాలకి అయస్కాంత, విద్యుత్‌రోధక, ధ్వనిసంబంధ లేక ఆప్టిక్ ధర్మాలుండే ఎన్నో పదార్థాలకి కూడా అటు వంటి శుద్ధతే అవసరమయింది.



శూన్యము

అంతేకాకుండా, ఎన్నో సంక్లిష్ట సాంకేతిక క్రియలని క్షుణ్ణంగా తెలుసుకోవాల్సి వచ్చింది. వాటి సహాయంతోనే ఆ పదార్థాలని పలుచని పొరలుగా తయారుచేసి మైక్రో సర్క్యూట్‌లకి ఆధారంగా పనిచేసే స్ఫటికాల మీద ఉంచాలి. ఆ పొరలని ప్రత్యేకమైన శూన్య గదులలో తయారుచేస్తారు. పొరలుగా మారక ముందు వాటికి సంబంధించిన పదార్థాలని ఎలక్ట్రాన్, లేజర్, అయాన్ కిరణపుంజాల సహాయంతో కణీకరిస్తారు. ఆ తర్వాత కణీకరించబడిన పదార్థాన్ని తగిన మూస్క గుండా పోనిచ్చి ఆధారం మీద పేరుకునేలా చేస్తారు.

ఎక్కడెక్కడ కావల్సిన పదార్థం పేరుకోవాలో అక్కడ ఆ మూస్కలో రంధ్రాలుంటాయి. నిర్దిష్టమైన ఉష్ణోగ్రతల దగ్గర, పేరుకునే కాలం, వివిధ భౌతిక కారకాల

ప్రభావాల కలయిక మూలంగా వందల వేల ఎలక్ట్రాన్ అరలుండే ఏకశిలా ప్రతిమలాంటి మైక్రోసర్క్యూట్ రూపొందించడం సాధ్యపడుతుంది. ప్రతీ అరకీ ఒక నిర్దిష్టమైన పని వుంటుంది. అవన్నీ కలిసికట్టుగా సంకేతాలని ప్రాసెస్ చేయడం గాని, లాజికల్, పరికలన క్రియలని నిర్వహించడం గాని చేస్తాయి. అంటే ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలో క్లిష్ట మైన అన్యోన్యచర్యం మూలంగా ఒక నిర్దిష్టమైన పని పాధించబడుతుంది.

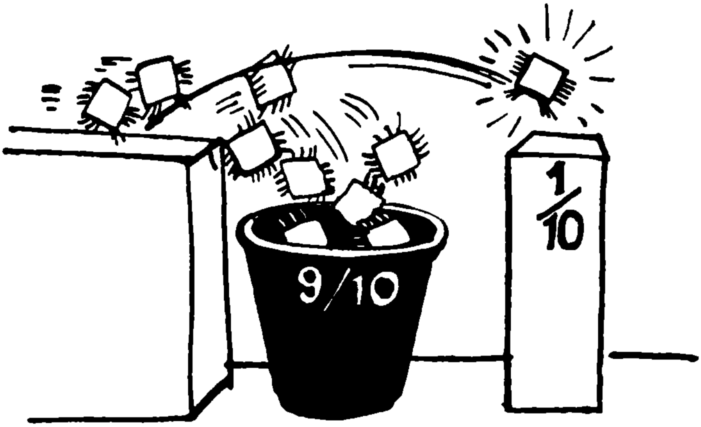
మైక్రోఎలక్ట్రానిక్ టెక్నిక్‌కి చెందిన భాగాలని రూపొందించడానికి ఎన్నో సాం కేతిక జాగ్రత్తలని కచ్చితంగా పాటించాల్సి ఉంటుంది. మైక్రోసర్క్యూట్‌లని తయారు చేసే అన్ని దశల్లోనూ అతి శుద్ధ పదార్థాలు మలినమవకుండా చూడాలి.

మైక్రోసర్క్యూట్‌ల తయారీలో చుట్టూ ఉండే గాలిలో ఉండదగిన మలినాల మొత్తం ఒక ఘన మీటరులో మూడు దుమ్ము కణాలని మించకూడదు.

స్వంత ఇంటిని ఎంతో శుభ్రంగా ఉంచుకోడానికి ప్రయత్నించే గృహిణికి నిజమైన పరిశుభ్రత అంటే ఎలా వుంటుందో తెలిస్తే ఆవిడకి ఎంతో అసూయ కలుగుతుంది. మైక్రోఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లు తయారయే చోట ఉండే శుభ్రతతో ఆవిడ పోటీ పడటం వ్యర్థం. ఎందుకంటే ఇంట్లోవాడే వాక్యూమ్ క్లీనర్‌తో దుమ్మని శుభ్రం చేయడం మొదలెడ్తే ఆవిడ నిజమైన పరిశుభ్రతని ఎప్పటికీ పొందలేదు.

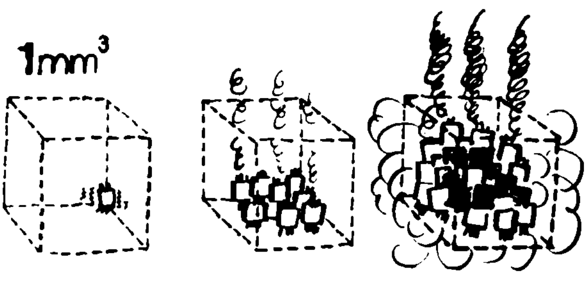
ఒక ప్రదేశంలో పరిశుభ్రతని పొందడం కోసం దాన్ని పూర్తిగా అష్టదిగ్బంధం చేస్తారు. ముందుగా పరిశుభ్రపరచబడిన గాలి కండిషనర్‌లో నుంచి గదిలోకి పంపుతారు. అక్కడ పనిచేసే వారి ప్రత్యేకమైన బట్టలని కడిగి, ప్రత్యేకంగా శుభ్రపరుస్తారు. ప్రవేశమార్గం దగ్గర నీటి జల్లులు కురిసే గది ఉంటుంది. అలా ఎన్నో ప్రత్యేకమైన జాగ్రత్తలు తీసుకోబడతాయి. "అతిశుభ్రమైన గదులు" అని పిలవబడే వాటిలో పైన చెప్పకోబడిన జాగ్రత్తలన్నిటినో తీసుకుంటారు. మైక్రోసర్క్యూట్‌లు తయారీకి ఉప యోగించే శూన్య అరలని ఉంచడానికి ఆ గదులని ప్రత్యేకంగా నిర్మిస్తారు.

పైన చెప్పకున్న జాగ్రత్తలన్నిటినీ తీసుకున్నా తయారయిన మైక్రోసర్క్యూట్ లలో సుమారు 50 శాతం ఆఖరి పరీక్షలని తట్టుకు నిలబడలేవు. అవిధంగా అవి పనికిరాకుండా పోతాయి. అంత ఎక్కువ శాతం మైక్రోసర్క్యూట్‌లు పనికిరాకుండా పోతున్నా వాటిని తయారుచేయాల్సి వస్తున్నందుకు కారణం, వాటి అతి స్వల్ప పరిమా ణమే. ఆధారం యొక్క ప్రతీ చదరపు మిల్లీమీటరు భాగంలో పదుల వేల ఎలక్ట్రాన్ అరలు ఇముడుతాయి. వాటిలో ప్రతీదీ ఖచ్చితమైన నిర్దిష్ట ధర్మాలని కలిగి వుంటుంది. అలా కాని పక్షంలో నిర్దేశించబడిన క్రియలని ఆ ఆధారం నిర్వహించలేదు. ఆధారం తయారుచేయబడిన పదార్థంలో కాని, దాని మీద పూయబడిన పూతలో కాని ఏకరూ పతలో ఏ మాత్రం తేడా వచ్చినా ఏదో ఒక అర ధర్మాలు మారిపోతాయి. అది వెంటనే,



దానితో సంబంధం కలిగి వున్న పదుల వేల అరల మీద దుష్ప్రభావాన్ని కలిగిస్తుంది. దాని ఫలితంగా వాటి కోసం పడిన పాట్లూ, వాటి తయారీకి ఉపయోగించబడిన ఖరీదైన పదార్థాలు 90 శాతం వృధా అవుతున్నాయి. అయితే మిగిలిన 10 శాతం పనికివచ్చే మైక్రో సర్క్యూట్‌ల కోసం అన్ని పాట్లూ పడాల్సివుంటుంది. ఒక దాని స్థానంలో ఇంకో జెనరేషన్ పెరిగే కొద్దీ ఈ సమస్యలు ఇంకా తీవ్రతరమవుతాయి. ఎందుకంటే ఇంటిగ్రేషన్ స్థాయి పెరిగే కొద్దీ ప్రతీ చదరపు మిల్లీమీటరు జాగాలో ఇరికించబడే అరలు ఇంకా ఇంకా ఎక్కువవుతూ పోతాయి. అంతేకాకుండా కొత్త సమస్యలు కూడా తలెత్తుతాయి. వీటిలో కొన్ని సమస్యలు ఉష్ణ తరలింపుకి సంబంధించిన అనుసంధానక వాహకాల పరస్పర అమరికలకి సంబంధించినవి.

పనిచేస్తూన్న ప్రతీ అర, ఉష్ణాన్ని విడుదల చేస్తూంటుంది. అటువంటి అరలు ఘన మిల్లీమీటరులో ఒక నిర్దిష్ట సంఖ్యను మించి ఉంటే అవన్నీ కలిసికట్టుగా వదిలే ఉష్ణం మూలంగా వాటికి విపరీతంగా ''వేడనిపిస్తుంది.'' కాబట్టి నాలుగవ, అయిదవ



జెనరేషన్ల మైక్రోసర్క్యూట్ల ఇంటిగ్రేషన్ స్థాయి పెరిగేకొద్దీ, ఉష్ణ తరలింపు అన్న ఒక సమస్యని పరిష్కరించాల్సి వస్తుంది.

మూడవ, నాలుగవ జెనరేషన్లని వేరుచేసే సరిహద్దు దగ్గర "సూక్ష్మీకరణ" అనే మాట స్థానంలో "మైక్రో సూక్ష్మీకరణ" అనే మాట రావడం మొదలెట్టింది. మైక్రో సూక్ష్మీకరణ అనే మాట ఇంకా పొడుగ్గా వున్నా, ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్ల పరిమాణం దీనిలో తక్కువగా ఉంటుంది. కొత్తగా చేర్చబడిన "మైక్రో" అనే మాటని బట్టి ఏం తెలుస్తోందంటే, ఎలక్ట్రాన్ ధరలని కంట్రోలు చేయడం మీద మాత్రమే ఆధారపడిన సూత్రాలు ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి ఇక ఏమాత్రం సరిపోవడంలేదు. అణువు, పరమాణువు, అయాను, ఎలక్ట్రాను, ఫోటాను, ఫోనాను మొదలైన విభిన్న మైక్రో కణాలు ప్రభావాత్మకంగా పనిచేయడానికి వీలుగా వుండే అత్యంత సూక్ష్మమైన అరలని రూపొందించగలిగే నూతన భౌతిక సూత్రాలు దానికి కావాల్సి వచ్చాయి.

మూడు తలల అవసరం ఏముంది?

ప్రాచీన గ్రీకు పురాణ గాథలో అద్భుతమైన ఒక వింత ఆకారం ఉంది: అది మేక దేహంతో మూడు తలలు — సింహం, పాము, మేక — కలిగి ఉంటుంది. ప్రాచీన గ్రీకులు ఆ వింత ఆకారాన్ని "ఖైమెర" అని పిలిచేవారు. కాలం గడిచే కొద్దీ ఆ పదానికి అర్థం మారుతూవచ్చింది. అసాధ్యమైనదీ, కలవని వాటిని కలిపేదీ, ఊహల్లో మాత్రమే సంభవమైనదీ అయిన ప్రతిదాన్నీ "ఖైమెర (వట్టి భ్రమ)" అని పిలుస్తూంటారు.

ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధిక్రమంలో ఒక నిర్దిష్ట దశలో దానికి తన సరిహద్దులని పెంచుకోవాల్సిన అవసరం వచ్చింది. మొదట, అది దృశా శాస్త్రం, ధ్వని శాస్త్రాల సహాయం తీసుకుంది. ఆపైన ఎన్నో భౌతిక, రసాయన సూత్రాలు దానికి అవసరం అయాయి. ఆతర్వాత ఒక దానితో మరొకటి కలిసి ధ్వనిఎలక్ట్రానిక్స్, దృశాఎలక్ట్రానిక్స్, ధ్వని దృశా శాస్త్రం మొదలైన కొత్త సంయోగాలు ఏర్పడటం మొదలైంది. చిట్టచివరికి ధ్వని — దృశా — ఎలక్ట్రానిక్స్ అవతరించింది. అయితే, ఇదేగా మూడు తలకాయల "ఖైమెర" అంటే?!

నిజమే కాని, పూర్తిగా "ఖైమెర" అని అనటానికి కూడా ఏమాత్రం వీలు లేదు. ఎందుకంటే మనం చెప్పుకునేది కలవనివాటిని కలపడం గురించి కాదు, సంభవమైనవీ, ప్రభావాత్మకమైనవీ అయిన నూతన సాధనాల గురించి.

ఉదాహరణకి, ఏదైనా ప్రకటనని ప్రసారం చేసే వ్యవస్థని తీసుకుందాం. దీనిలో వాహక సంకేతాలుగా లేజర్ కిరణపుంజాలు వాడబడుతున్నాయనుకుందాం. మాటనో,

పాటనో ఆ కిరణపుంజాల మీద కొంత దూరానికి ప్రసారం చేయడానికి మైక్రోఫోన్ సహాయంతో ధ్వని డోలనాలని సరైన విద్యుత్ సంకేతంగా మార్చాలి. మెంబ్రేను (పొర)కి చెందిన యాంత్రిక డోలనాలని విద్యుత్ ప్రవాహ డోలనాలుగా మార్చే విద్యుత్ యాంత్రిక శక్తి పరివర్తకంగా మైక్రోఫోన్ పనిచేస్తుంది. తర్వాత ఆ విద్యుత్ ప్రవాహం, పీడన – విద్యుత్ (పీజోఎలక్ట్రిక్) ధర్మాలుండే పారదర్శక స్ఫటికం మీద ప్రభావాన్ని కలిగిస్తుంది. స్ఫటికం గుండా లేజర్ కిరణాలని పోనిస్తారు.

పీడన – విద్యుత్ ధర్మం మూలంగా స్ఫటికం డోలనం చేయడం మొదలెడుతుంది. ఆవిధంగా కిరణపుంజాల ద్యుతిలో, లేక ఇతర ధర్మాలలోనో మార్పు తీసుకువస్తుంది.

స్ఫటికంలోని ధ్వని తరంగాలతో, స్ఫటికంలోకి పంపబడిన కాంతి కిరణం అన్యోన్య చర్య జరిపే పద్ధతులని ధ్వని దృశాశాస్త్రం రూపొందిస్తోంది. పైన వర్ణించబడిన మాడ్యులేటర్ ధ్వని – దృశా – ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలాంటిది. సరిగ్గా అది ఒక దేహం మూడు తలలుండే "కైమెర" లాంటిదే. దృశా రేడియో సంబంధాలకి ఉండే ఎన్నో సౌకర్యాల మూలంగానే పైన పేర్కొన్న "కైమెర" లాంటివి ఏర్పడగలిగాయి. దానికుండే ప్రధానమైన సౌకర్యం ఎంతో పరిమాణంలో టెలివిజన్, ధ్వని, సంఖ్యా సమాచారాలు ఇముడ్చుకోగల విస్తృతమైన పట్టీయే.

ఏదయినా ఒక సాంకేతికపద్ధతికి అంత తేలిగ్గా ఏదీ లభ్యంకాదు. టెలివిజన్ వాడే వాహక పౌనఃపున్యాలని 300 మెగాహెర్ట్జ్‌ల దాకా పట్టీని విస్తృతం చేయడం మూలంగా కమ్యూనికేషన్ ఇంజనీరింగు తన సంకేతాలని సమాక్షదర్శనాన్ని దాటి (ఒకదానికొకటి కనుచూపు దూరంలో లేని గ్రాహక, ప్రసారక అన్టెనాలు) ప్రసారం చేసే అవకాశాన్ని కోల్పోతుందని మీకు గుర్తుండుంటుంది (ప్రకరణం 4. 1 – 4. 10). ముందు భూమి మీదున్న రిలే కేంద్రాల సహాయంతోనూ తర్వాత రిలే కేంద్రాలు ఉంచబడిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాల సహాయంతోనూ టెలివిజన్ సంకేతాలని రిలే చేసి ఆ అవధిని దాటగలిగాం. కాబట్టి సహజంగానే అదే అతి హ్రస్వ తరంగ పట్టీలోనే ఏకకాలంలో వెడల్పయిన పట్టీ గల టెలివిజన్ సంకేతం, వెంటే వుండే ధ్వనీ కూడా ప్రసారం చేయబడ్డాయి. అతిహ్రస్వ తరంగాల టెక్నిక్‌ని టెలివిజన్ బాగా తెలుసుకున్న తర్వాత అతిహ్రస్వ తరంగాల పట్టీలో ధ్వని ప్రసారిణులకి, గ్రాహకాలకి ఇంకో ఉపయోగం కనుగొనబడింది.

ఉదాహరణకి, పోలీస్ వారి వాకీ – టాకీలకి అతిహ్రస్వ తరంగాల పట్టీ ఎంతో వీలుగా ఉంటుందని తేలింది. ఎందుకంటే ఇక్కడ రిలే అవసరం ఉండదు. సమాక్షదర్శన అవధిలోనో, నగర పరిధి దాటకుండా, లోపలే సమాచార సంబంధాలు ఉంటాయి. అలాగే అతిహ్రస్వ తరంగాల పట్టీ ఎంత విస్తృతంగా వ్యాపించి వుందంటే (సుమారు 300

మెగాహెర్ట్జ్‌లు), అతి పెద్ద నగరంలోని ప్రతీ పోలీసుకీ అది సరిపోతుంది. 30 వేల మంది పోలీసులుంటే, ప్రతీ పోలీసుకీ ప్రత్యేకమైన 10 కిలోహెర్ట్జ్‌ల వెడల్పుండే ధ్వని చానెల్‌ని కేటాయించవచ్చు. అతిహ్రస్వ తరంగాల పట్టీ ఎలక్ట్రానిక్ టెక్నిక్ అభివృద్ధి పుణ్యమా అని, చేతిలో ఉంచుకునేలా ఉండే ప్రసారగ్రాహక కేంద్రాలని (వాకీటాకీలని) ప్రతీ పోలీసుకీ ఇవ్వడం సాధ్యమవుతోంది. వాటి సహాయంతో పోలీసులు తమ కార్యకలాపాలను ఉమ్మడిగా కార్య నిర్వహణలో ఒకరితో ఇంకొకరు సంబంధాలు పెట్టుకోగలుగుతారు.



లేజర్ వికిరణాలని ఉపయోగించుకునే దృశా సంబంధ వ్యవస్థలు మిలియన్ల టెలివిజన్ చానెల్‌లకి అవకాశాన్ని కల్పిస్తున్నాయి. వాటి సహాయంతో ప్రతీ పోలీసే కాకుండా, పెద్ద నగరంలో జీవిస్తున్న ప్రతీ వ్యక్తికీ ప్రత్యేకమైన చానెల్‌ని కేటాయించి, వ్యక్తిగత టెలివిజన్ సంబంధాలని ఏర్పరచవచ్చు. అయితే ఇక్కడ కొన్ని పరిమితమైన పరిస్థితులు ఎదుర్కోవలసి వస్తుంది. వాటి గురించి లేజర్లు రాకముందు రేడియో ప్రసారాలకి గాని, టెలివిజన్ వ్యవహారాలకి గాని తెలియదు.

అతిహ్రస్వ తరంగాల పట్టీలో ప్రసారక ఆన్టెనా సంకేతాన్ని అన్ని దిశల్లోనూ పంపుతుంది. లేజర్ కిరణపుంజం సూదిలా సన్నగానూ, తిన్నగానూ ఉంటుంది.

అందుకనే, ఉదాహరణకి, మాస్కోలోని ''అస్తాంకినో టెలివిజన్ టవర్'' నుంచి వచ్చిన సంకేతాన్ని నగరంలోని సమాక్షదర్శన అవధిలోనున్న ఏ ప్రాంతం నుంచైనా గ్రహించవచ్చు. కాని అదే లేజర్ కిరణపుంజం మీద పంపే సంకేతాన్ని ఆ కిరణపుంజం దారిలో నేరుగా గ్రాహకం ఉన్న పక్షంలోనే గ్రహించవచ్చు. ఒక్క అడుగు పక్కకి తప్పామంటే, సంబంధం లేకుండా పోతుంది. అంతేకాకుండా దాని దారిలో ఏదైనా ఒక పారదర్శకం కాని వస్తువున్నా సంబంధం దెబ్బతింటుంది.

కాని అతిహ్రస్వ తరంగాలకి భూమి లేక ప్రత్యేకమైన లోహపు తెరలు మాత్రమే అడ్డుగోడలుగా ఉంటాయి. కాంతి తరంగాలకి ఇళ్లూ, చెట్లూలాంటి మొదలైన అన్ని పదార్థాలూ (ఒక్క గాజుతో చేయబడినవి కాకుండా) అడ్డే. అందుకనే లేజర్ కిరణపుంజాలతో సంబంధాలని ఒక్క అంతరిక్షంలోనే ఏర్పరచగలం. భూమి మీద అటువంటి సంబంధానికి ప్రత్యేకమైన పారదర్శక తంతువులని వాడతారు. అటువంటి తంతువు గుండా కాంతి కిరణం పట్టాల మీద రైలులా పరుగెడుతుంది. పట్టాలు ఎటు తిరిగితే రైలు అటు తిరుగుతుంది. తేడా అల్లా కాంతి కిరణపుంజం బరువులని కాకుండా సమాచారాన్ని రవాణా చేస్తుంది. అందులోనూ దాని వేగం సాధారణ రైలు వేగం కంటే 20 మిలియన్ల రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. తీసుకెళ్లగలిగే బరువు విషయం తీసుకుంటే దృశా తంతువుల సంబంధాల గుండా పంపబడే సమాచారపు పరిమాణం, టెలివిజన్ చానెల్‌లో ఇమిడే సమాచార పరిమాణానికి 10 వేల రెట్లు ఎక్కువగా ఉంటుంది. అందులోనూ కాంతి ప్రవహించే కాంతి తంతువులకి కేబుల్‌ల సంబంధాలతో పోల్చుకుంటే ఎన్నో సౌకర్యాలున్నాయి. వీటిలో శక్తి తక్కువ వృథా అవుతుంది, అలాగే బరువు పరిమాణాల విషయంలో కూడాను. వాటి తయారీలో అరుదైన అయసేతర (నాన్ ఫెరస్) లోహాలు వృథా అవవు. అతిముఖ్యమైన సౌకర్యం ఇంకొకటుంది. టెలివిజన్ కేబుల్‌లా దృశా తంతువు బాహ్య వాతావరణంలోకి శక్తిని విడుదలచేయదు. అలాగే బాహ్య విద్యుదయస్కాంత తరంగాల ప్రభావానికి ఏమాత్రం లోనవదు. పైన చెప్పుకున్న సౌకర్యాల మూలంగా, ఆ లైనులని రహస్య సంబంధాలకీ, పారిశ్రామిక, ప్రత్యేకమైన సైనిక విన్యాసాలు జరుగుతున్నప్పుడు ఏర్పడే సహజమైన అలజడులకి, రణగొణ ధ్వనులకి దెబ్బతినకుండా నమ్మకమైన సంబంధాలకీ వాడవచ్చు.

గత కొన్ని సంవత్సరాలుగా మాస్కోలోని కొత్తగా నిర్మిస్తున్న ప్రాంతాలలో టెలివిజన్ సంబంధాలని ఏర్పరచడం కష్టమైపోయింది. దీనికి కారణం, ఆ ప్రాంతం ఎత్తుపల్లాల్లో ఉండడమో, లేక చుట్టు పక్కల భారీ ఎత్తైన కట్టడపు పనులు కొనసాగుతూండడమో. అప్పుడు ఆ ప్రాంతాలని టెలివిజన్ టవర్‌తో దృశా చానెల్‌ల ద్వారా కలిపారు. అంతకు ముందు ఆ ప్రాంత వాసులు టెలివిజన్ చిత్రాలు సరిగ్గా కనిపిం

చడం లేదని ఫిర్యాదులు చేశారు. ఇప్పుడు మిగతా ప్రాంతాలకంటే అక్కడ బాగా కని పిస్తోంటుంది. చివరికి బయట మెరుపు మెరిసినా, రాత్రి పూట ఆ ప్రాంతం మీదుగా ఎగిరే విమానాలు సంకేతాలని వికిరణం చేసినా సరే వాళ్ల టెలివిజన్‌లలోని చిత్రం స్థిరం గానూ, స్ఫుటంగానూ కనిపిస్తుంది.

ఇరవై సంవత్సరాల క్రితం తొలి లేజర్లు సృష్టించబడినప్పుడు దృశా సంబంధాల గురించి శాస్త్రజ్ఞులు పూర్తిగా ఇంకోలా ఊహించుకున్నారు. తిన్నని గొట్టాలలానూ, వంపుల దగ్గర గొట్టాలని కలిపే చోట కాంతి కిరణం కూడా పరావర్తనంచెంది వంగడా నికి అక్కడ అద్దాలని ఉంచేట్లు భావించేవారు (ప్రకరణం 4. 43). ఆ భారీ గొట్టాల స్థానంలో ఈరోజున సన్నటి కాంతిని తీసుకువెళ్లే వెంట్రుకల్లాంటి తంతువులని ఉపయోగిస్తున్నారు. వాటి గుండా పట్టాల మీద రైలు పరుగెట్టినట్లు కిరణపుంజం పరుగెడుతుంది. అవెటు వంగుతే అటు తిరుగుతూ ఏ అద్దాలూ లేకుండానే కిరణ పుంజం ప్రయాణం చేస్తుంది.

కాంతి ప్రయాణం చేసే బ్రహ్మాండమైన గొట్టంలా కాకుండా దృశా తంతు వులు ఎంతో సరళంగా ఉంటాయి. అయితే అది మనకి పైకి మాత్రమే సరళంగా కనబడుతుంది. దృశా తంతువుల సంబంధాల అభివృద్ధి ప్రధానంగా దృశా తంతువుల తయారీకి చెందిన సాంకేతిక సమస్యా పరిష్కారం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. పారద ర్శక పదార్థాల (క్వార్ట్జ్, గాజు, ఎన్నో రకాల పాలిమెర్లు) నుంచి సన్నని పొడవైన దారాలని ఎలా తయారుచేయాలో తెలుసుకోవాల్సి వచ్చింది. వాటి ధర్మాలు దారాల మధ్యచ్ఛేదంలో వేరేగా ఉండి పొడవులో మార్పులేకుండా ఉండాలి. దృశా తంతువుని కోసి చూస్తే దానికి గొట్టపు నిర్మాణం ఉన్నట్లు అర్థమవుతుంది. దానికి అంతర్భాగం, తొడుగులూ ఉంటాయి. అంతేకాకుండా, అంతర్భాగపు వ్యాసం, తొడుగుల మందం, దృశా ధర్మాలని బట్టి ఆ తంతువు గుండా ప్రసరించగల (గొట్టంలో నీరు మాదిరిగా) తరంగాల పట్టీ నిర్ణయించబడుతుంది.

తంతువు గుండా కాంతి కిరణపుంజం ప్రసరించేటప్పుడు శక్తి వృథా అవటాన్ని తగ్గించడానికి తంతువు యొక్క మధ్యచ్ఛేదంలో వ్యాసార్ధం వెంబడి కాంతి వక్రీభవన గుణకం మెట్టుమెట్టుగా కాని, మృదువుగా కాని మారే మాత్రాన్ని ఉపయోగిస్తారు. అటువంటి తంతువుల వ్యాసం ఒక మిల్లీమీటరులో పదుల వంతు మాత్రమే ఉంటుం దనే విషయాన్ని గుర్తుంచుకుంటే, వాటి తయారీకి సంబంధించిన సాంకేతిక పరి జ్ఞానం ఎంత నాజూకైనదో అర్థమవుతుంది.

కొత్త రకం ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని రూపొందించేవారు అధిక పౌనఃపున్యాల ధ్వని తరంగాలని ఉపయోగించుకోవడంలో అటువంటి సమస్యలనే ఎదుర్కొన్నారు.

అర్ధవాహకాల టెక్నిక్‌కి ఎటువంటి మలినాలూ లేని అతి శుద్ధమైన పదార్థాలు అవసరమైతే, ధ్వని తరంగాల టెక్నిక్‌కి అతి శుద్ధంగా ఉండటమే కాకుండా, అంతర్గత నిర్మాణం రీత్యా పదార్థం ఎంతో ఏకరీతిలో ఉండాలి. మైక్రో నిర్మాణాలు ఎంతో ఏకరీతిలో ఉండాల్సిన అవసరం ఏర్పడింది. స్ఫటిక జాలకంలో గట్టిపడిన భాగాలుండ కూడదు. జాలకంలోని కణికల మధ్య దూరం ధ్వనిని తీసుకెళ్లే తంతువు పొడవునా స్థిరంగా ఉండాలి.

సంగతేమిటంటే, ధ్వని తరంగం విద్యుదయస్కాంత తరంగం కంటే సుమారు లక్ష రెట్లు తక్కువ వేగంతో ప్రసరిస్తుంది. ప్రత్యేకంగా ధ్వని తరంగాలని ఉత్తేజపరచడానికి ఉద్దేశించబడిన అనునాదకంలో ఉంచబడిన స్ఫటికంలో వ్యాప్తిచెందే డోలనాలు పీడన – విద్యుత్ ఫలితం సహాయంతో అనునాదకపు విద్యుదయస్కాంత డోలనాలు ధ్వని డోలనాలుగా మారిన తర్వాత సరిగ్గా అన్నే రెట్లు ఆ తరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం తగ్గుతుంది. వ్యాప్తిచెందే వేగంలో మార్పుకి ధ్వని తరంగాల పొడవు అనునాదక తరంగాల పొడవు కంటే సుమారు లక్ష రెట్లు తగ్గుతుంది. (ప్రకరణం 3. 14 – 3. 16)

అనునాదక తరంగం పొడవు 10 సెంటీమీటర్లయితే, స్ఫటికంలో ఒక మైక్రాన్ పొడవుండే తరంగాలు ఉత్తేజితమవుతాయి. అంత హ్రస్వ తరంగాలకి స్ఫటికం ఏమాత్రం ఏకరీతిన ఉండకపోయినా అది అడ్డుగా తయారయి తరంగం ప్రసరించడానికి ఇబ్బంది ఏర్పడుతుంది. అడ్డంకి ఎదురవగానే తరంగం పరావర్తనం చెందుతుంది. అంటే శక్తి విశ్లేషణమయి స్ఫటికాన్ని దాటి బయటకి పోతుంది. ఆవిధంగా స్ఫటికంలో మొద్దుగా వుండే కొనల్లో ఒక దాన్నుంచి ఇంకో దానికి ఉత్తేజితమయిన తరంగం చేరదు. అలా జరగకుండా ఉండాలంటే ఎంతో ఏకరీతిగా ఉండే ఒకే స్ఫటిక పదార్థాన్ని ఉపయోగించాలి. అందుకనే ఏక స్ఫటికాలని తయారుచేయడం, వాటిని యాంత్రిక ప్రాసెసింగ్‌కి గురిచేయడం మొదలైన సాంకేతిక ప్రక్రియలని ఎంతో జాగ్రత్తగా నిర్వహించాల్సి ఉంటుంది.

అత్యధిక పౌనఃపున్యాల ధ్వనిశాస్త్రం, స్ఫటికం మొత్తంలోనే కాకుండా దాని ఉపరితలం మీద కూడా వ్యాప్తిచెందే తరంగాలని ఉత్తేజపరచడం తెలుసుకుంది. ఉపరితల ధ్వని తరంగాలని ఉత్తేజపరచడం, వ్యాప్తిచెందడాల మీద ఆధారపడిన ఎన్నో ధ్వని ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు తయారయాయి. అటువంటి తరంగాలని ఉత్తేజపరచి, పట్టుకునేందుకు లోహపు పట్టీలని ఉపయోగిస్తారు. వీటిని ఏక స్ఫటికాల ఉపరితలం మీద కణీకరిస్తారు. దాన్ని ఆధారం చేసుకునే మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్స్ – అత్యధిక పౌనఃపున్యాల మైక్రో బేండ్ సాధనాల టెక్నిక్ అనే కొత్త శాఖ అవతరించింది.

మైక్రో పర్యావ్యాట్‌ల అభివృద్ధిలోని తొలి దశల్లో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల పరిమా

ణాన్ని ఇంకా ఇంకా తగ్గించడంలో అధిక పౌనఃపున్యాల టెక్నిక్ విజమైన అడ్డంకి అయింది. ప్రతీ ఏటా అల్ప పౌనఃపున్యాల సర్క్యూట్ల పరిమాణాలు తగ్గుతూ పోతూంటే అత్యధిక పౌనఃపున్యపు డోలకాల, గ్రాహకాల పరిమాణాల్లో మార్పులేదు. ఎందుకంటే వాటిలో వాడే అన్ని అంశాల (అనువాదకాలు, స్విచ్చిలు, సంధానకాలు) పరిమాణాలూ అవి ప్రసారంచేసే అలాగే గ్రహించే తరంగాల పొడవుకి అనుపాతంలో ఉంటాయి.

దాంతో చెప్పుకోదగినంతగా వ్యత్యాసాలు తలెత్తాయి. పరికరాల అల్ప పౌనఃపున్యాల భాగాలని (పౌనఃపున్యాల ట్రాన్స్‌ఫార్మర్‌లు, సంకేతాలని ప్రాసెస్‌చేసే సర్క్యూట్‌లు గల అంప్లిఫైయర్లు) మైక్రో సర్క్యూట్‌లుగా తయారు చేయడం మొదలెట్టారు. వీటిని పెద్ద పరిమాణాల్లో వుండే అత్యధిక పౌనఃపున్యాల భాగాలతో కలిపి వాడసాగారు. వచ్చే ఫలితాన్ని, గుర్రాన్ని చిన్న కుక్కపిల్ల పరిమాణానికి తగ్గించి, దానికితోడు ఒక పెద్ద ఏనుగుతోబాటు బండికి కడితే ఎలాంటి దృశ్యం కనపడుతుందో, దానితో పోల్చ వచ్చు.

సరిగ్గా ఇక్కడే "ఖైమెరలు" సమయానికి అదుకున్నాయి. ఎలక్ట్రానిక్, ధ్వని పరికరాలని కలిపి వాడడంతో, మైక్రోబేండ్‌ల భాగాల పుణ్యమా అని అత్యధిక పౌనః పున్య ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల పరిమాణాన్ని ఎంతో తగ్గించడం సాధ్యపడింది.

అధునిక సూక్ష్మాతిసూక్ష్మ పరికరాలని రూపొందించేవారి సృజనాత్మకశక్తి ప్రాచీన పురాణ గాథలని సృష్టించిన గ్రీకుల కల్పనాశక్తిని మించిపోయింది. పౌరాణిక గాథల్లోని ఖైమెరకి మూడు తలకాయలు మాత్రమే వుంటే ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌ల టెక్నిక్‌కి ప్రస్తుతం కనీసం 10 అయినా వేర్వేరు తలకాయలుంటాయి. ఒక్క దృశా శాస్త్రం, అత్యధిక పౌనఃపున్యాల ధ్వని శాస్త్రం, అలాగే ఎలక్ట్రానిక్స్ పరికరాల్లోలా కాకుండా, పనిచేసే కణాలుగా అణువులని, అయానులని ఉపయోగించుకునే మాలిక్యూలెక్స్, అయానిక్స్ లాంటి శాఖలు కూడా ఏర్పడ్డాయి. సంకేతాలని రూపాంతరణ చెందించడానికి రసాయన చర్యలని ఉపయోగించే సాంకేతిక పద్ధతి – కెమోట్రానిక్స్ ఉంది. డైఎలక్ట్రిక్ మైక్రోఎలక్ట్రానిక్స్ అనేది ఉంది. అది సంకేతాలని రూపాంతరణ చెందించడానికి కండెన్సర్ల పొరల మధ్య (వీటిలో విద్యుత్ రోధకంగా ఏదో ఒక ప్రత్యేక పదార్థాన్ని ఉపయోగిస్తారు) ఉండే వోల్టేజిని బట్టి అరేఖీయంగా మారే క్షమత్వాలను ఉపయోగించుకుంటుంది. అలాగే క్రయో ఎలక్ట్రానిక్స్ అనేది ఒకటుంది. ఈ సాంకేతిక విభాగం పరమ శూన్యానికి దగ్గరలోని (హిమాంక జనక) ఉష్ణోగ్రతల వద్ద ఎలక్ట్రాన్‌లకి, విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రానికి మధ్య జరిగే అన్యోన్య చర్య మూలంగా ఏర్పడే అతివాహకత్వాన్నీ, అలాగే ఇతర భౌతిక ప్రభావాలనీ ఉపయోగించుకుంటుంది. చివరికి బయో

ఎల(క్ట్రానిక్స్, మ్యారోబయోనిక్స్ అనేవి కూడా ఉన్నాయి. ఈ శాఖలు మైక్రో సర్క్యూట్ల సహాయంతో నాడీ వ్యవస్థ, మెదడుల విధులని కనీసం పాక్షికంగానైనా పునర్సృష్టిం చడానికి ప్రయత్నిస్తుంటాయి. అలాగే పైదానికి విరుద్ధమైన పద్ధతిలో సమస్యలను పరిష్కరించడానికి కూడా ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి: అంతకుముందు, ఏదైనా ఒక ఎల(క్ట్రానిక్ పరికరం ఏ విధులనైతే నిర్వహించిందో వాటిని చేయడం, సజీవ కణ జాలాలు నిర్వర్తించేటట్లు వాటి పెరుగుదలని కంట్రోలు చేయడం.

ఎల(క్ట్రానిక్స్ భావి అభివృద్ధికి, 6వ, 7వ జెనరేషన్లు ఆపై జెనరేషన్లు రావడానికి, ఇంకా సూక్ష్మమైన లాభ దాయకమైన, ఇంకా ఎక్కువ సంఖ్యలో విభిన్న విధులని నిర్వహించగలిగే మైక్రో సర్క్యూట్లు తయారవడానికి పైన చెప్పుకున్నవన్నీ పునాదిగా ఉంటాయి.

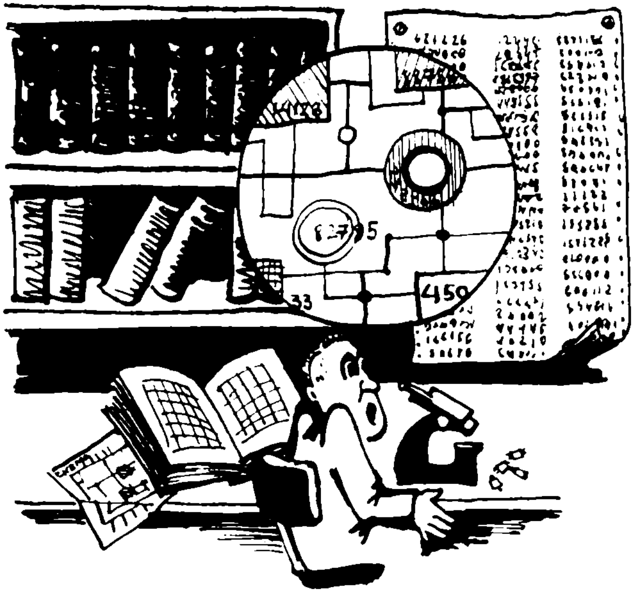
ఎల(క్ట్రానిక్స్ సహాయార్థం ఎల(క్ట్రానిక్స్

మైక్రోఎల(క్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి క్రమంలో ఒక దశలో తనకి తనే సహాయం చేసుకునే అవసరం ఎల(క్ట్రానిక్స్‌కి వచ్చింది. మొదటి జెనరేషన్‌కి చెందిన ఎల(క్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లలో పదులకొద్దీ వాల్వులు, కెపాసిటర్‌లు, నిరోధకాలు అలా ఎన్నో భాగాలు ఉండేవి. ఆ సర్క్యూట్‌లని తయారు చేసేవారు ఆ భాగాలని, వాటిని కలిపే తీగలని గుర్తుంచుకో గలిగేవారు.

ఎప్పుడైతే ఒక్క మైక్రో సర్క్యూట్‌లోని భాగాల సంఖ్య వందకి, వెయ్యికి జేరిందో వాటిని, ఒకదానికొకటి, ప్రత్యేకమైన పట్టికలని ఉపయోగించి కలపాల్సి వచ్చింది. భాగాల సంఖ్య వేలు, లక్షలదాకా పెరిగిపోయింది. పట్టికలు సంపుటాలుగా మారిపోయాయి. "మైక్రోసర్క్యూట్‌లో ఫలానా కలయికని 136 583వ భాగాన్నీ 57 712వ భాగాన్నీ కలపడానికి ఉపయోగించబడినట్లు 12వ సంపుటిలో 205వ పేజీలో సూచించబడింది. కాబట్టి రెండు ఇతర భాగాలని కలపడానికి కొత్త కలయికని ఉపయోగించాలి" అని గుర్తుంచుకోవడం మానవ మేధస్సుకి అసాధ్యమైపోయింది.

ఎన్నో వేల భాగాలు ఒకదానితో ఇంకోటి కలిపివుండే "సూక్ష్మమైన పాలిగూడు" కంప్యూటర్ల సహాయంతో రూపొందించబడుతుంది. దీనికోసం కంప్యూటర్లని వాడటం ఎప్పుడో మొదలెట్టారు.

మొదటి రెండు జెనరేషన్ల పరికరాలలో భాగాలని ఒకదానితో ఇంకోదాన్ని కీలు వైరింగు పద్ధతిలో కలిపేవారు. అంటే తీగ ముక్కలని తీసుకుని, రెండు కొసలనీ కావల్సిన కలయికకి టంకం వేసేవారు.



మూడవ జెనరేషన్ నుంచి ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల భారీ ఉత్పత్తిలో కీలు వైరింగు స్థానంలో ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డు వచ్చింది. ఒక నిర్దిష్ట సర్క్యూట్‌కి అవసరమైన తీగల కలయికలన్నింటినీ ఏకకాలంలో ముద్రిస్తూ సర్క్యూట్ బోర్డు మీద ఉంచుతారు. దీనికోసం కావల్సిన కలయిక స్థానాలూ, తీగలకి అనుగుణమైన చీలికలతో ఒక ప్రత్యేకమైన ఫోటో మాస్కుని తయారుచేస్తారు.

గాల్వానిక్ తొట్టెల్లో మాస్కునుంచి సర్క్యూట్‌బోర్డు మీదకి వాహక లోహపు పొరని వేస్తారు.

ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ పద్ధతి సహాయంతో మైక్రో సర్క్యూట్‌లని తయారు చేయడంలో ఇంతకుముందు విడి భాగాలను ఒకదానితో మరొకదాన్ని కలిపేవారు. ఆతర్వాత ఎన్నో లీడ్‌లూ, కలయికలు వుండే మైక్రోసర్క్యూట్‌లని ఒకదానితో మరొకదాన్ని అనుసంధించడానికి ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డులని ఉపయోగించనారంభించారు.

అటువంటి సర్క్యూట్ బోర్డుల, వాటి తయారీలో ఉపయోగించబడే ఫోటోమాస్కు డ్రాయింగులు అనేక లైనులతోనూ, కలయిక స్థానాలతోనూ ఎంతో క్లిష్టమైన డిజైనులాగా ఉంటుంది. అటువంటి డ్రాయింగులని తయారుచేసే పని ఎంత విసుగుపుట్టించేదీ, కష్టమైనదో మీరే ఊహించుకోండి.

ఒకదాని వెంబడి మరో లైనుని గీస్తూ సర్క్యూట్ బోర్డుల రూపకర్తలు అవి ఒకదాన్నొకటి ఖండించుకోకుండానూ, మరీ దగ్గరికి రాకుండానూ చూడాలి. ఎందుకంటే ఆ గీతలు ఒకదానికొకటికాని, కలయిక స్థానాలకి కాని మరీ దగ్గరగా వచ్చినప్పుడు లోహపు పొరని వేయడంలో ఏమాత్రం మందం ఎక్కువైనా రెండు తీగలమధ్య లఘు వలయం ఏర్పడుతుంది.

అటువంటి విసుగుపుట్టించే పత్తి పనినుంచి రూప కర్తలకి విముక్తి కలిగించ డానికి ప్రత్యేకమైన ప్రోగ్రాములు రూపొందించబడ్డాయి. ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డులని, వాటి తయారీకి అవసరమైన ఫొటో మాస్కులని కంప్యూటర్ సహాయంతో రూపొందించడానికి ఆ ప్రోగ్రాములు సహాయడతాయి.

మూడవ జెనరేషన్ మొదలుకుని ఎలక్ట్రానిక్స్ ఖాని అభివృద్ధిలో ఆ రకం ''సెల్ఫ్-సెర్వీస్'' ఎంతో అవసరం అయింది. ఎందుకంటే మైక్రో సర్క్యూట్ల ఇంటిగ్రేషన్ స్థాయి పెరుగుతున్నకొద్దీ భాగాల మధ్య కలయికల పథకాన్ని రూపొందించడం ఇంకా ఎక్కువ కష్టమవసాగింది.

ఆటోమేషన్ ద్వారా ఎలక్ట్రానిక్ కలయిక కూడళ్ళని, పరికరాలని రూపొందించే సమస్యని పరిష్కరించిన తర్వాత వెంటనే ఇంకో సమస్య తలెత్తింది. వాటి ఉత్పత్తిలో ఆటోమేషన్ ఎలా ఉపయోగించాలనేదే ఆ సమస్య. అన్ని భాగాలని ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డు మీద వుంచే కష్టమైన పనిని ఎన్నో ఏళ్ళు చేతితో చేసేవారు. ఆ తర్వాత కంప్యూటర్ సహాయంతో కంట్రోలు చేయబడే యంత్రాలు రూపొందించబడ్డాయి. కంప్యూటర్ మెమొరీలో నిల్వవుండే ఆదేశాల మేరకు దేనిమీదైతే ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డు బిగించబడి వుంటుందో ఆ సమన్వయపరిచే టేబులు అత్యంత వేగంతో కదులుతూం టుంది. సర్క్యూట్ బోర్డు మీద ఉంచాల్సిన భాగాలన్నింటినీ ముందుగానే ఆ రిబ్బ నులో అంటిస్తారు. ఏ క్షణంలో సర్క్యూట్ బోర్డు మీద ఎక్కడ ఏ భాగం వుండాలో అది ఆక్షణంలో రిబ్బను మీద నుంచి వచ్చేలా కంట్రోలు చేసే ప్రోగ్రాముని ముందుగా నిర్ణయిస్తారు. దాని కోసం రిబ్బను కదలికలు, సమన్వయపరిచే టేబులు కదలికలకి అనుగుణంగా ఏకకాలంలో వుండేలా చూస్తారు. అప్పుడు తేలిగ్గా వంగే భాగాల కొనలు (టెర్మినల్‌లు) సర్క్యూట్ బోర్డు మీద వాటి కోసం నిర్దేశించబడిన లోహపు చీలి కలలో పడతాయి. సర్క్యూట్ బోర్డు రెండో వైపున కరిగింపబడిన టంకం తరంగంలా ప్రవహించేలా చేస్తారు. అప్పుడు ఆ టెర్మినల్‌లు సర్క్యూట్ బోర్డు మీద తీగలతో కలిపి అన్ని విద్యుత్ కలయికలు ఒకేసారి ఏర్పడతాయి. ఈ పద్ధతినే తరంగం ద్వారా టంకం వేయడం (వేవ్ సొల్డెరింగ్) అంటారు.

ఈ పద్ధతికి సర్క్యూట్ బోర్డ్ ఎంతో కచ్చితత్వంతో కదలడం అవసరం. ప్రతి

నిర్దిష్ట స్థానం కొన్ని పదుల మైక్రాన్‌ల కచ్చితత్వంతో ఉండాలి. అలా కాని పక్షంలో తేలికగా వంగే కొనలు సర్క్యూట్ బోర్డుమీది చీలికల్లో సరిగ్గా కూర్చోవు. అప్పుడవి విరిగిపోతాయి. అంతకంటే దురదృష్టకరమైన విషయం కూడా సంభవించవచ్చు. చీలిక అంచుకు తగులుకున్న కొన సర్క్యూట్ బోర్డు రెండో వైపుకి జారిపోతుంది. కాని యాంత్రిక తన్యత మూలంగా టెర్మినల్‌కి, భాగానికి మధ్య కలయిక దెబ్బతింటుంది. ఆవిధంగా తయారైన సర్క్యూట్ బోర్డులో అదృశ్యమైనదీ, ప్రమాదకరమైనదీ అయిన లోపం ఏర్పడుతుంది. అదెందుకు ప్రమాదకరమైనదంటే, ఆ లోపం వున్న సర్క్యూట్ బోర్డు కొన్ని దశల కంట్రోలుని సురక్షితంగా దాటిపోగలుగుతుంది. చివరికది అటువం టివే ఎన్నో వందలున్న సంక్లిష్టమైన ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలో వెళ్లి చేరుతుంది. సరిగ్గా ఇక్కడే ఉన్నట్లుండి కలయిక లేకుండా పోతుంది. వందలాది సర్క్యూట్ బోర్డుల్లో దేనిలో ఎక్కడ ఏ కలయిక లేదో కనుక్కోవడం అంత తేలికేమీ కాదు. అటువంటి లోపాన్ని కనుక్కోవడానికి కొన్ని గంటల సమయం పట్టచ్చు.

సర్క్యూట్ బోర్డు కదలికల్లో కచ్చితత్వం సాధించడానికి టేబులు మీద కదిలే యాంత్రిక భాగాల, ఎలక్ట్రిక్ మోటార్ల, వాటి కదలికని కంట్రోలు చేసే కంప్యూ టర్ల తయారీ మరీ కచ్చితంగా వుండాలి. అదంతా సాధించడానికి ఎంతో కృషిచేయాల్సి వచ్చింది. దాని ఫలితంగా సమస్యకి పైదానికి పూర్తిగా విరుద్ధమైన పరిష్కారం లభిం చింది. అది సరిగ్గా మహమ్మదు దగ్గరికి కొండ రాకపోతే కొండ దగ్గరికే మహమ్మదు వెళ్లాలనే సామెతలా అయింది.

పైన పేర్కొనబడిన కష్టాలన్నిటికీ కారణం తేలిగ్గా వంగే టెర్మినల్‌ల కోసం యంత్రాలని సృష్టించ ప్రయత్నించడమే. అయితే ఆ టెర్మినల్‌ల స్థానం ఇక్కడ కాదు. చేతుల్తో సర్క్యూట్‌లని కూర్చే రోజుల్లో కొన్ని దశాబ్దాలపాటు ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి తేలిగ్గా వంగే టెర్మినల్‌లు ఉపయోగించాయి. అక్కడ వాటికి పోటీకి వచ్చేవి ఏవీ లేవు. ఎందుకంటే, అవి తేలిగ్గా వంగడం మూలంగా సరిగ్గా చీలికలోనో కావల్సిన కలయిక దగ్గరో టెర్మినల్ వచ్చి కూర్చునేలా ఫిట్టర్ శ్రావణంతో సరిదిద్దగలిగేవాడు.

ఎప్పుడైతే కళ్లుండే ఫిట్టర్ స్థానంలో కళ్లులేని రోబట్ (మరమనిషి) వచ్చిందో పరిస్థితి పూర్తిగా తారుమారైంది. దృష్టి లేని లోపాన్ని కచ్చితమైన కదలికలతో పూరించాల్సి వచ్చింది. అయితే సమస్యా పరిష్కారానికి దీనికి పూర్తిగా విరుద్ధమైన దిశలో వెళ్తే తేలికకాదూ? భాగాలకి అనుగుణంగా రోబట్‌ని కదిలేలా చేసే బదులు, కళ్లు లేని రోబట్ పొరబడకుండా భాగాలని ఉంచగలిగేటట్లు వాటి నిర్మాణాన్ని మారిస్తే? మహమ్మదు దగ్గరికి కొండని రప్పించడం బదులు, కొండ దగ్గరికే మహమ్మదుని పంపితే?

ఆవిధంగా ఎలక్ట్రానిక్స్ కోసం ఎలక్ట్రానిక్స్‌ని ఉపయోగించే ప్రక్రియ మూలంగా

భాగాల నిర్మాణం గురించిన సాంప్రదాయక భావాల్లో చెప్పుకోదగిన మార్పులు సంభవించాయి. తేలిగ్గా వంగే టెర్మినల్‌ల స్థానంలో రింగు కొనలు వచ్చాయి. కంప్యూటర్ సహాయంతో ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డుమీద ఆటోమేటిక్‌గా అమర్చడానికి అవి వీలుగా వుంటాయి. అంతేకాకుండా అటువంటి నిర్మాణం మూలంగా తేలిగ్గా వంగే టెర్మినల్‌లు సర్క్యూట్ బోర్డుమీది చీలికల్లో సరిగ్గా సూటిగా పడాల్సిన అవసరం ఇంకేమాత్రం వుండదు. ఇప్పుడు రింగు కొనలని సర్క్యూట్ బోర్డుమీది కలయిక స్థానాలతో సరిగ్గా అమరేలా చూస్తే చాలు. దీనికి అంత ఎక్కువ కచ్చితత్వం అవసరం లేదు.

సాంప్రదాయక నిర్మాణం గల భాగాల నుంచి టెర్మినల్‌లు లేని నిర్మాణానికి రావడం తేలిక విషయం కాదు. ఏడాదికి మిలియన్లకొద్దీ అయ్యే ఆ భాగాల ఉత్పత్తిని మార్చాల్సి వస్తుంది. అయితే పై సమస్య ఎలక్ట్రానిక్ కలయిక కూడళ్ళ, పరికరాల ఉత్పత్తికి సంబంధించిన ఆటోమేషన్ అభివృద్ధి క్రమంలో ఒక నూతన దశకి చెందింది కాబట్టి ప్రపంచం అంతా కొత్త రకం భాగాల ఉత్పత్తికీ, వాటితో భావి ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలకీ పునాది వేయడానికి పూనుకుంది.

కర్మాగారాల్లో ఎలక్ట్రానిక్స్

కంప్యూటర్లు అభివృద్ధి చెందుతున్నకొద్దీ విజ్ఞానశాస్త్రంలో, ఇంజనీరింగులో, దైనందిన జీవితంలో వాటి వాడకం ఎక్కువవుతోంది.

కంప్యూటర్లని ఉపయోగించే ఎన్నో శాఖల్లో పారిశ్రామిక రోబట్లకి ఒక ప్రత్యేకమైన స్థానం వుంది. ఎందుకంటే ఆ రోబట్లని ప్రవేశపెట్టి ఉపయోగించడంమీదే భవిష్యత్తులో ఉత్పత్తిలో పెరుగుదలా, సరుకుల నాణ్యతలో మెరుగుదలా ఆధారపడి వుంటాయి. అలాగే ఏక రీతిలో వుండి అలసట కలిగించే ఎన్నో రకాల పనుల నుంచి మనిషికి విముక్తి కలుగుతుంది. సంఖ్యాత్మక (న్యూమెరికల్) ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు వ్యవస్థలు రూపొందించబడడంతో పరిశ్రమల్లో ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రవేశం ప్రారంభమైంది. అటువంటి ప్రతీ వ్యవస్థ ఏదైనా ఒక విడి ఆటోమేటిక్ సాధనాన్ని కంట్రోలు చేయడానికి ఉపయోగించబడుతుంది. ఉదాహరణకి లేథ్, కంట్రోలు సాధనం, డ్రాయింగులు వేసే రోబట్ అలా ఎన్నో రకాల సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు వున్న సాధనాలకి ఉపయోగపడుతుంది. సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు సహాయంతో ఏ కార్యాలని నిర్వహించాలో వాటికి సంబంధించిన ప్రోగ్రామ్ కోడ్ రూపంలో పెర్ఫొరేటెడ్ టేపు మీద నమోదుచేయబడి ఉంటుంది. పెర్ఫొరేటెడ్ టేపు మీద నమోదుచేయబడిన ప్రోగ్రామ్‌ని

ఎలెక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్ ఆదేశాలుగా మారుస్తుంది. అంటే విద్యుత్ ప్రవాహ స్పంద నాల ప్రోగ్రామ్ క్రమాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. ఆ స్పందనాలు పనిచేసే రోబట్ భాగాలని కంట్రోలు చేస్తాయి.

పరిశ్రమలలో ఎలెక్ట్రానిక్ పద్ధతులను ప్రవేశపెట్టే తర్వాతి దశలో సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలుకి చెందిన విడి సాధనాలతోబాటు కంప్యూటర్‌తో కంట్రోలు చేయ బడే ఎన్నో విడి సాధనాలు కలిసిన మొత్తం వ్యవస్థలే ఏకంగా వాడుకలోకి వచ్చాయి.

వాల్వులతో తయారైన ఎలెక్ట్రానిక్ పరికరాల స్థానంలో అర్ధవాహకాలతో తయారైన పరికరాలు రావడంతో కంప్యూటర్ల పరిమాణాలని బాగా తగ్గించడం సాధ్యప డింది. తొలి జెనరేషన్‌కి చెందిన కంప్యూటరు ఎన్నో గదుల్లో ఇమిడితే, రెండవ జెన రేషన్ వచ్చేసరికల్లా కొన్ని అరల్లో ఇమిడే మినీ-కంప్యూటర్ తయారైంది. అటువంటి కంప్యూటర్‌ని కర్మాగారం వర్క్‌షాపులో ఉంచడం కుదురుతుంది. ఇటువంటి కం ప్యూటర్‌తో, సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలుతో కన్న ఎంతో ఎక్కువ పరిమాణంలో సాంకేతిక ప్రక్రియల ద్వారా ఆటోమేటిక్ కంట్రోలుకి సంబంధించిన సమస్యలని పరిష్కరిం చవచ్చు.

ప్రతి మినీ-కంప్యూటరూ ఏదో ఒక లేథ్ మెషన్‌ని కంట్రోలు చేయడం కాకుండా ఏకంగా ఒక వర్క్‌షాపు మొత్తాన్ని కంట్రోలు చేయగలదు. దాని సహాయంతో ఎన్నో సాంకేతిక పరామితుల (ఉష్ణోగ్రతలు, వేగాలు, విద్యుత్ ప్రవాహ బలాలు మొదలైనవి) విలువలని ప్రోసెస్ చేయవచ్చు. అంటే ఆటోమేటిక్ కంట్రోలుని సాధించవచ్చన్నమాట. ఏ పరామితి విలువైనా ఆ స్థాయిని మించిపోతే కంప్యూటర్ వెంటనే దాన్ని కంట్రోలు చేసే భాగానికి ఆదేశం పంపుతుంది. ఆ కంట్రోలు చేసే భాగం పరామితి విలువలో దోషాన్ని సరిదిద్ది వెనుకటి విలువ స్థాయికి తీసుకువస్తుంది. ఏ కారణాల చేతనైనా (ఉదాహర ణకి కోత యంత్రాలు అరిగిపోవడమో, శక్తి, పదార్థాల నిల్వలు తరిగిపోవడమో లాం టివి) దోషాన్ని సరిదిద్దడం సాధ్యంకాకపోతే కంప్యూటర్ వెంటనే పనిని ఆపేసి ఆపరే టరుకి కావాల్సిన పదార్థాలు లేవని సంకేతం పంపుతుంది.

ఆవిధంగా సాంకేతిక ప్రక్రియల్లో ఆటోమేటిక్ కంట్రోలు వ్యవస్థ పనిచేస్తుంది.

లేథ్‌ల దగ్గర

మినీ-కంప్యూటర్ల మూలంగా విడి సాధనాలని కాకుండా ఏకంగా ఎన్నో సాధనా లుండే విభాగాన్ని మొత్తం కంట్రోలు చేయడం సాధ్యపడింది కాని, ఆ మార్గంలో అది మొదటి అడుగు మాత్రమే. పదార్థాల ప్రోసెసింగ్ లాంటి ప్రక్రియలని ఆటోమేటిక్

కంట్రోలు ద్వారా సాధిస్తే, స్టోర్ రూము నుంచి సాధనాలని, పదార్థాలని అవి ప్రాసెస్ చేయబడే చోటికి తీసుకు రావడం, ఆ పదార్థాలని సరిగ్గా ప్రాసెసింగ్ కోసం ఉంచాల్సిన స్థానంలో ఉంచడం, ప్రాసెసింగ్ అయిపోయిన వస్తువులని ఇంకో లేథ్ దగ్గరికి తీసుకెళ్లడం మొదలైన సహాయక పనులన్నింటినీ బాగా మనిషిచేతే చేయించాల్సి వచ్చేది.

ఇక్కడో పొందుకుదరని పరిస్థితి ఏర్పడుతోంది: సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు వున్న లేథ్‌లు ఎంతో నిపుణులైన కార్మికుల స్థానంలో తమంతటవే పనిచేయ గలవు. కాని ఏ నిపుణతా లేని కార్మికులు చేసే సహాయక పనుల్లో (వస్తువులని యంత్రం దగ్గరికి తీసుకురావడం, ప్రాసెస్ అయిన వాటిని తీసుకువెళ్లడం లాంటివి) మాత్రం ఇప్పటిదాకా ఏ మార్పూ లేదు.

అయితే దాని అర్థం, పారిశ్రామిక రోబట్లని, ఎలక్ట్రానిక్ కంట్రోలు వ్యవస్థలని రూపొందించేవారు సహాయక పనులని పూర్తిగా వదిలేసి ప్రధానమైన ప్రాసెసింగ్ పనుల ఆటోమేషన్‌కే ప్రాధాన్యత ఇచ్చారని కాదు. దానికి కారణాలు వేరే వున్నాయి.

మనిషి తేలిగ్గా చేసే పనులన్నీ చేయడం రోబట్లకి అంత తేలిక కాదు. ఉదాహరణకి, సానపెట్టడంలో ఏవైనా విడి భాగాలని తయారుచేస్తూ వాటి పరిమాణం ఎంతో కచ్చితంగా వుండేలా చూడటం రోబట్‌కి ఎంతో తేలిక. అయితే ఇతర భాగాలతో కలిసి వున్న ఆ విడి భాగాన్ని కనుక్కుని, ప్రాసెసింగ్ చేయడానికి దాన్ని ఏ భంగిమలో లేథ్ మీద వుంచాలో ఆ భంగిమలో ముందుగానే పట్టుకుని పైకి తీయడం ఆటోమేటిక్‌గా పట్టుకునే సాధనానికి ఎంతో కష్టమవుతుంది. అటువంటి పనుల్ని చేయడం చంటివాడికి కూడా తెలుసు. ఏది తిత్తో, ఏది గిలక్కాయో తేలిగ్గా గుర్తుపడతాడు. తిత్తి వెనకాల వుండే రింగుని పట్టుకుని తిత్తిని నోట్లో పెట్టుకుంటాడు. కాడని పట్టుకుని గిలక్కాయని ఊపుతాడు.

అటువంటి పనులని ఆటోమేటిక్‌గా యంత్రం చేయాలంటే దానికి కళ్ళు ఒక్కటే కాదు, ఎంతో తక్కువ స్థాయిలోనే అయినా ఆలోచించగల సామర్థ్యం ఉండాలి.

వస్తువులని అవి ఎలా పడివున్నా గుర్తుపట్టగల రోబట్‌లని ఎలక్ట్రానిక్స్ రూపొందించింది. వేర్వేరు దస్తూరీలతో రాసిన అక్షరాలని వేర్వేరు పరిమాణాలలో ముద్రించబడిన అక్షరాలను అవి గుర్తించగలుగుతాయి. ఆ యంత్రాలని "పెర్‌సెప్ట్రాన్‌లు" అని పిలుస్తున్నారు.

పెర్‌సెప్ట్రాన్ నిర్మాణం ఎంతో సంక్లిష్టమైనదీ, ఖరీదుతో కూడుకున్నదీను. అంతేకాకుండా అదెంత సంక్లిష్టమైనదైనా వస్తువుని చూసి గుర్తించడంలో దాని సామర్థ్యం మనిషి సామర్థ్యంతో పోల్చి చూసుకుంటే చాలా తక్కువ స్థాయిలో ఉంటుంది. దానికి కారణం, "గుర్తుపట్టడం" అనే ప్రక్రియలో మానవుడిలోని ఇంగిత

జ్ఞానం పాల్గొంటుంది. కంటి నుంచి సంకేతం మెదడుకి చేరుతుంది. అది అక్కడ ఎంత సంక్లిష్టమైన ప్రాసెసింగ్‌కి గురవుతుందంటే, అది పనిచేసే తీరు గురించి పూర్తిగా తెలుసుకోవడం విజ్ఞానశాస్త్రానికి ఇప్పటి దాకా సాధ్యంకాలేదు.

రోడ్డు మీద నడుస్తున్నప్పుడు ఎంతోమందిలో ఒక పరిచయమైన వ్యక్తిని ఎన్నో సంవత్సరాలు చూడకపోయినా ఎలా గుర్తుపట్టగలుగుతున్నాము? ఈ అన్ని సంవత్సరాల్లో ఆ వ్యక్తి ఎంతో మారిపోయుండవచ్చు, రూపురేఖలు దాదాపు పూర్తిగా మారిపోయుండవచ్చు. జుట్టు తెల్లబడిపోవడం, చర్మం ముడతలు పడటం, అతను అంతకు ముందు లేని మీసాలూ, గెడ్డాలు పెంచడంలాంటివెన్నో జరిగుండవచ్చు. అయినా ఆ ముఖంలో మునుపటిది ఏదో ఉండిపోయింది. దాన్ని ముందు గమనిస్తాం. తర్వాత వ్యక్తిని గుర్తుపడతాం. మన ముందున్నది అప్పారావు అంతేకాని సుబ్బారావో, వెంకట్రావో కాదు అని తేల్చుకుంటాం.

అయితే ఏమిటా రూపురేఖలు? ఆ ప్రశ్నకి ఒకోసారి మనమే కచ్చితంగా జవాబివ్వలేం. కాబట్టి రూపురేఖలతో కాకుండా ముఖ కవళికలనిబట్టి – కళ్లలో వెల్లడయే భావాన్నిబట్టో లేక అప్పారావుకి మాత్రమే వుండే ప్రత్యేకమైన చిరునవ్వునిబట్టో అతను అప్పారావని చెప్పగలం. అయితే దీన్నంతా ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాల వ్యావహారిక భాషలోకి ఎలా తర్జుమా చెయడం? ఈ సమస్యా పరిష్కారానికి, సైబెర్నెటిక్స్, ఎలక్ట్రానిక్స్, కంప్యూటింగ్ టెక్నిక్, సైకాలజీ (మనస్తత్వశాస్త్రం) మొదలైన శాఖలకి చెందిన నిపుణులు కృషిసలుపుతున్నారు. ''రూపాలని గుర్తించే సమస్య'' అనే పేరుతో ఏకంగా ఒక పూర్తి శాస్త్రీయ విభాగమే అవతరించింది. ఎలక్ట్రానిక్ దృశా ప్రసారిణుల (ఆప్టికల్ ట్రాన్స్‌మిటర్‌ల) నుంచి వచ్చే కాంతి సంకేతాలు భిన్న భిన్న అల్గోరిథమ్‌ల ప్రకారం సంక్లిష్టమైన ప్రోగ్రాముల సహాయంతో ప్రాసెస్ చేయబడతాయి. అయినప్పటికీ రూపాలని గుర్తించడం విషయంలో రోబట్ల తెలివితేటలు మానవ మేధస్సు ముందు బలాదూరే.

కంటితో గ్రహించిన సమాచారాన్ని మెదడు ఎలా ప్రాసెస్ చేస్తోంది అనే సమస్యని పరిష్కరించడానికి విజ్ఞానశాస్త్రం ఎన్నో విధాల ప్రయత్నిస్తోంది. అందులో భాగంగానే మనస్తత్వశాస్త్రంలోని ప్రత్యేకమైన శాఖ అయిన గెష్టాల్ట్ సైకాలజీ అనేది కూడా ఆ సమస్యని పరిష్కరించ ప్రయత్నిస్తోంది. ''గెష్టాల్ట్'' అంటే జర్మన్ భాషలో రూపం అని అర్థం. మనిషి ఈత చెట్టునో, తాటి చెట్టునో మొట్టమొదటి సారి చూసినా అది ఇంకేదీ కాదు, చెట్టు అని ఎలా తెలుసుకుంటున్నాడు. ఎంతోమందిలో నుంచయినా తనకి జ్ఞాపకం వున్న రూపాన్ని (గెష్టాల్ట్) పోల్చి చూసుకుని దాదాపు ఎప్పుడూ పొరబడకుండా ఆ ముఖం అప్పారావుదే గాని సుబ్బారావుది కాదు అని చెప్ప

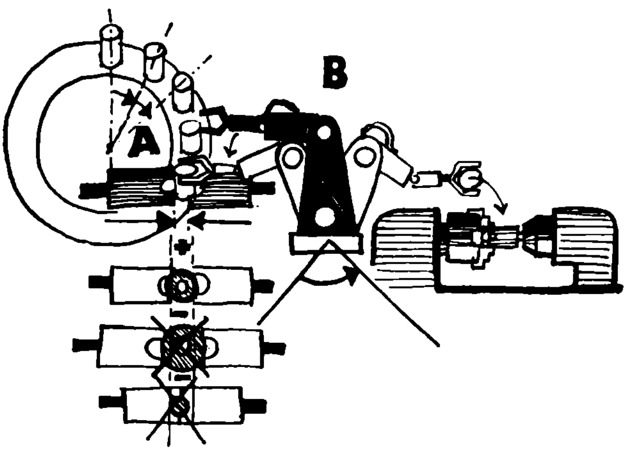
గలుగుతున్నాడు. అలా అతను ఏవో ప్రధానమైన గుర్తులనిబట్టి తెలుసుకుంటున్నాడు. మనిషి జ్ఞాపకశక్తిలో ఆ ప్రధాన గుర్తులు ఏ రూపంలో దాగివుంటాయి? దాన్ని గురించి పరిశోధించేదే గెస్టాల్ట్ సైకాలజీ.

ప్రస్తుతానికి సైకాలజీ ఆ క్లిష్టమైన సమస్యల పరిష్కారానికి మార్గాలని ఇప్పుడిప్పుడే కనుక్కుంటోంది. ఇంకోవైపున సైబెర్నెటిక్స్, ఎలక్ట్రానిక్స్, కంప్యూటర్లకి చెందిన నిపుణులు కూడా ఆ సమస్యల పరిష్కారానికి తమ స్వంత దారుల్లో వెళ్తున్నారు. వారు మోడల్‌లని నిర్మిస్తున్నారు. అయితే వారు మెదడుని అనుకరించడం లేదు. ఎందుకంటే సమాచారం మెదడులో ఎలా ప్రాసెస్ అవుతుందో అనే దాని గురించి ప్రస్తుతాని కింకా సాధారణ విషయాలు తప్ప లోతుగా ఎవరికీ తెలియదు. ఎలక్ట్రానిక్స్, కంప్యూటర్ విజ్ఞాన అనుభవాన్ని పోగుచేసుకుని, సృజనాత్మక కల్పనాశక్తికి పని తగిలించి వాళ్ళు ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లని, అల్గోరిథమ్‌లని, ప్రోగ్రామ్‌లని తయారుచేస్తున్నారు. వాళ్ల ఉద్దేశంలో అవి ప్రధానమైన గుర్తులుండే కృత్రిమ గెస్టాల్ట్‌లని (రూపాలని) రూపొందించడంలో సహాయపడతాయి. ఆ గుర్తులని బట్టే పిల్లికీ, ఉడతకీ మధ్య వుండే తేడాని తెలుసుకోవచ్చు. అలా తెలుసుకోవడంలో పిల్లి శరీరంలో తేడాలు కాని రంగు కాని, పిల్లి ఏ భంగిమలో ఉందనేది కాని అడ్డంరాదు. ఆ లక్ష్యంతోనే పెర్‌సెప్ట్రాన్‌లూ, స్వయంనిర్వాహక ఎలక్ట్రానిక్ గ్రిడ్‌లూ రూపొందించబడ్డాయి. విజ్ఞాన శాస్త్రం అనుమతించేదాకా "కళ్లున్న రోబట్లని" తయారుచేయకుండా వ్యవహారాలు ఇంకేమాత్రం వేచివుండలేవు. దానికితోడు ప్రతి పారిశ్రామిక రోబట్‌కీ ఒక్కొక్కదాన్ని తగిలించడానికి పెర్‌సెప్ట్రాన్‌లలాంటి నిర్మాణాలు ఎంతో సంక్లిష్టమైనవనీ, ఎంతో ఖరీదైనవనీ, అట్టే నమ్మదగినవి కాదనీ తేలిపోయింది.

పారిశ్రామిక సమస్యలని ఏక ఉమ్మడిగా "కళ్లులేని", సరళమైన రోబట్ల సహాయంతో పరిష్కరించడం సాధ్యం చేసే ఇంకా తేలికైన సాంకేతిక పద్ధతులు అదృష్టవశాత్తూ కనుగొనబడ్డాయి. ఆ లక్ష్యంతోనే నవ్య పారిశ్రామిక యంత్ర సముదాయాలను రూపొందించేటప్పుడు వ్యవస్థాత్మక పద్ధతి అనే దాన్ని ఉపయోగించారు. అటువంటి పద్ధతిలో ఎన్నో విభిన్న విషయాలుంటాయి. వాటిలో ఒకటి ఇలా ఉంటుంది: ఆటోమేటిక్ ప్రాసెసింగ్‌కి గురయ్యే జాయింట్లు, భాగాలు అవి ప్రయాణం చేసే మార్గం అంతటా కావల్సిన స్థితిగతులను కోల్పోవు. ఒకవేళ సాంకేతిక ప్రక్రియల్లో భాగాలని ప్రాసెస్ చేసే పరికరాలకి (కోత, మరకోత, పరికరాలు, బరమా, మొదలైనవి) సాపేక్షంగా భాగాల స్థితిగతులను మార్చివేస్తే భాగాల కొత్త స్థానం తక్షణం ఆ లేథ్‌ని, రోబట్‌ని కంట్రోలు చేసే కంప్యూటర్ మెమొరీలో నమోదైపోతుంది. తర్వాత కంప్యూటరు, రోబట్‌కి ఆదేశాలని పంపుతుంది. వాటి పుణ్యమా అని రోబట్ "చూడకుం

డానే'' నిర్ణీత స్థానంలో, నిర్ణీత స్థితిగతిలో ఉన్న భాగాన్ని దొరకపుచ్చుకోగలదు. నమ్యతగల స్వయంచాలక విభాగంలో ఆ భాగం ప్రయాణం చేసే మార్గం అంతట్లోనూ ఇదే సూత్రం పనిచేస్తుంది. దీని కోసం ప్రతీ భాగం ప్రత్యేకమైన అమరికలో (స్పూత్నిక్) బిగించబడి వుంటుంది. ఆ అమరికలో కొన్ని సాధనాలు ఉంటాయి. అవి ఆటోమేటిక్ స్టోర్‌హౌసులోని అరల్లో నిల్వవుండే కంటైనర్‌లో, ఆటోమేటిక్ ట్రాలీ మీద భాగాలవి రోబట్‌తో లోడ్‌చేసిన తర్వాత, ట్రాలీని ఏదైనా లేథ్ యంత్రానికి సహాయం చేసే రోబట్‌కి అందించిన తర్వాత, భాగాల భంగిమని స్థిరీకరిస్తాయి.

కొన్ని సందర్భాల్లో, రోబట్ తన ''ఇనుప హస్తాలతో'' భాగాన్ని దొరకపుచ్చుకో డానికి ముందు దాని భంగిమని స్థిరీకరించడానికి కొన్ని అదనపు సాధనాలని ప్రవేశపెట్టాల్సి వస్తుంది. ఉదాహరణకి, పూర్తిగా రోబట్లతో నడిచే జపాన్ లేథ్ మిషను ''క్విక్‌టర్న్''లో అది ప్రాసెస్‌చేసే గుండ్రటి భాగాల భంగిమని స్థిరీకరించే సరళమైన అమరికనొకదాన్ని



ఉంచారు. ఆ తేలిక అమరికలో వున్న విశేషమేమిటంటే. అది భాగం భంగిమని స్థిరీ కరించడం ఒకటే కాకుండా, దాన్ని గుర్తించగలదు కూడానూ. అయితే సాధారణ యాంత్రిక అమరిక పెర్‌సెప్ట్రాన్‌లతో పోటీకి రాలేదనుకోండి. మనం చెప్పుకునేది లేథ్ మిషన్లకి చెందిన కొన్ని నిర్దిష్ట ప్రక్రియలకి మాత్రమే ఉపయోగించబడే వాటి గురించి అయితే అసలు పోటీ అవసరమే వుండదు. సమస్య ఇక్కడ తేలిగ్గా పరిష్కార మవుతుంది. ఆ అమరిక స్థిరీకరించే భాగం వ్యాసం, కంప్యూటర్ మెమొరీలో నిల్వ వుండి వ్యాసంతో సరిపోతే అప్పుడు అది భాగాన్ని కొంచెం పక్కకి జరిపి దాన్ని రోబట్ పట్టుకోడానికి వీలుగా ఉంచుతుంది. ఒకవేళ ఆ భాగం స్థానంలో వేరే వ్యాసమున్న

అంశమో లేక అంతకు ముందటి లేథ్ మిషన్ దాన్ని తయారుచేయడంలో పొరబాటు వచ్చి వ్యాసంలో ఎంతో కొంత తేడా వచ్చిన అంశమో వస్తే, దాన్ని స్థిరీకరించే అమరిక ముందుగానే తోసేస్తుంది (ఉండాల్సిన దానికంటే వ్యాసం ఎక్కువగా వుంటే), లేక కంప్యూటర్ ఆదేశించిన దూరం వెళ్లి దాన్ని అసలు ముట్టుకోదు (వ్యాసం తక్కువగా వుంటే). ఈ రెండు సందర్భాల్లోనూ కూడా అమరిక, ఉండాల్సిన వ్యాసం భాగానికి లేదని కంప్యూటర్‌కి సంకేతం పంపుతుంది. వెంటనే ఆ భాగాన్ని వదిలేయమని రోబట్‌కి కంప్యూటర్ ఆదేశం పంపుతుంది. ఆవిధంగా తేలికైన అమరిక ద్వారా అవి "కళ్లుండే రోబట్ల"ని వాడాల్సిన అవసరం తప్పుతుంది. అలాగే కంప్యూటర్ సహాయంతో రోబట్‌ని కంట్రోలుచేసే సమస్య కూడా తేలికవుతుంది. కావైతే, రోబట్‌ని కంట్రోలు చేసే ప్రక్రియని సరళం చేయడం దృష్ట్యా ఆలోచిస్తే దీని ప్రభావం అత్యద్భుతం. ఇప్పుడు రోబట్‌ని స్థిరమైన ఒకే తలంలో పనిచేయించవచ్చు. ఒక సైకిల్ నుంచి ఇంకో సైకిల్‌కి అదలాగే స్థిరంగా వుంటుంది.

రోబట్-వెల్డర్ కూడా కృత్రిమమైన కన్ను లేకుండానే పనిచేస్తుంది. అటువంటి రోబట్ పూర్తిగా మనిషిని కాకపోయినా సహజ ప్రవృత్తి, రిఫ్లెక్సులు గల జీవిని కనీసం గుర్తుకు తెస్తుంది. అది కొంగనో లేక పొడవైన మెడవుండే ఇంకేదైనా పక్షినో గుర్తుకు తెస్తుంది. ఆ "పక్షి" తల వెల్డింగు చేయాల్సిన భాగం చుట్టూ తిరుగుతుంది. మెడ వింతగా వంగుతుంది. ఆ భాగంలో వెల్డింగు చేయాల్సిన బిందువుని పట్టుకోవడం కష్టమైతే అది దొరికే దాకా వెల్డింగ్ చేయాల్సిన ఇతర బిందువులని నిర్ణీత కాల వ్యవధుల్లో తన ముక్కుతో పొడుస్తూపోతుంది.

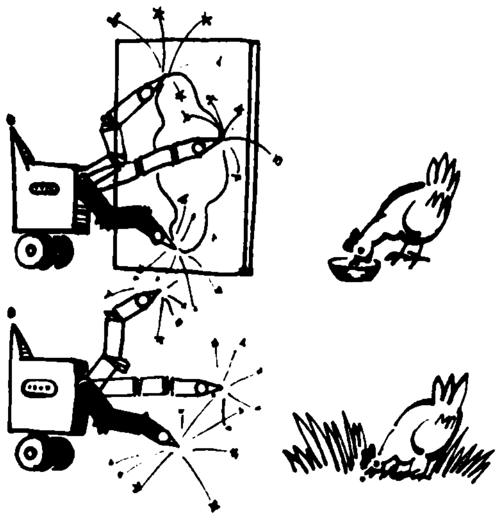
అటువంటి రోబట్‌కి కొన్ని తెలివితేటలు వున్నట్లే. అయితే అవి ఎంతో పరిమితమైనవై వుంటాయి. దాన్ని పరీక్షించడానికి వెల్డింగ్ చేయాల్సిన భాగాన్ని కొంచెం పక్కకి జరిపితే చాలు "ఏ అనుమానం" లేకుండా రోబట్ ఆ ఖాళీ జాగా చుట్టూ ముందులాగానే ముక్కుతో పొడుస్తూఉంటుంది.

అంటే దానర్థం, రోబట్ ఒట్టి తెలివితక్కువ దద్దమ్మ అనేగా! అయితే తొందరపడి నిర్ణయానికి రావద్దు. అది తెలివైనదో, దద్దమ్మో నిర్ణయించడానికి రోబట్ దేనికోసం ఉద్దేశించబడిందో, దాని కృత్రిమ బుర్ర ఏ విధులని నిర్వహించాల్సివుందో ముందుగా తెలుసుకోవాలి.

రోబట్-వెల్డర్ చేసే తెలివైన పనులు దాని స్వంత తెలివితేటలు మూలంగా కాదు. వెల్డింగ్-హెడ్‌ని తీసుకుని సరిగ్గా అటువంటి జాయింటునే వెల్డింగ్ చేసిన నిపుణుడి చేతుల కదలికలని అది గుడ్డిగా అనుకరిస్తుందంతే. కృత్రిమ మెమొరీ వుండి రోబట్‌ని కంట్రోలుచేసే వ్యవస్థ వెల్డింగ్ చేయాల్సిన అన్ని జాయింట్ల నిరూపకాలనీ గుర్తుంచు

కోవాల్సి ఉంటుందంతే. అలాగే నిరూపకాలని ఆదేశాలుగా మార్చి వాటి ప్రకారం రోబట్ కదలికలని కంట్రోలు చేయడం కూడా దాని పనే.

ఒక వైపు నుంచి చూస్తే అటువంటి రోబట్‌కి కృత్రిమమైన తెలివితేటలు కల్పించబడ్డాయని భావించడం ఎంతో తేలికైనట్లు కనబడుతుంది. రెండో వైపున, నిరూప



కాలనిబట్టి ఆదేశాలని పంపుతూ తర్వాతి క్రియలని నిర్వహించడమనేది ఎంతో ఎక్కువగా చదువుకున్న ప్రతీ వ్యక్తివల్ల కూడా కాదు. $2 \times 2 = 4$ లేక $2+3 = 5$ లాంటి తేలిక లెక్కలని కూడా ఎంత నేర్పినా కోడి నేర్చుకోలేదు. అంతమాత్రాన దానికి అసలు తెలివితేటలంటూ లేవని కాదు. ఉదాహరణకి, గడ్డిలోనూ, రాళ్లలోనూ, చెత్తలోనూ వున్న గింజల్ని కోడి పెర్‌సెప్ట్రాన్ కంటే ఎక్కువ బాగా కనుక్కోగలదు.

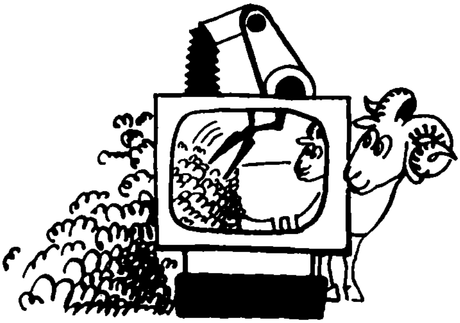
ఎలక్ట్రానిక్స్, ఇన్‌ఫర్మేషన్ (డాక్యుమెంటేషన్) సైన్సుల అభివృద్ధి మూలంగా మేధస్సుయొక్క విధుల గురించిన అభిప్రాయాలు విస్తృతమవుతున్నాయి, కచ్చితమైన రూపాన్ని తీసుకుంటున్నాయి. పారిశ్రామిక రోబట్లని నిర్మించేవారు, వారు నిర్దేశించిన క్రియలని నిర్వహించడానికి ఎన్ని తెలివితేటలు రోబట్‌కి అవసరమో అన్నిటినే దానికి ఇస్తారు. ఒకవేళ రోబట్-వెల్డర్ యింకా తెలివైందని అనుకుందాం. అప్పుడది వెల్డింగ్ చేయాల్సిన భాగపు డ్రాయింగు ప్రకారం స్వంతంగా వెల్డింగు చేయాల్సిన బిందువులని నిర్ణయించుకోగలదు. వాటిని ఎలా సమీపించాలో లెక్కగట్టగలదు. వెల్డింగుకి గురయ్యే భాగాల స్థితిని బట్టి తన గతిని నిర్ణయించుకోగలదు. అయితే అటువంటి రోబట్‌ని

నిర్మించడం అవసరమా? అప్పుడు దానికోసం కృత్రిమమైన కళ్ళూ, భాగాల ద్రాయిం గులని చదివే ప్రోగ్రాములూ అవసరం. ప్రశస్త మార్గాన్ని లెక్కగట్టడానికి భాగాల నిరూపకాలని కొలవడానికి, రోబట్ స్థితిగతులను నిర్ణయించడానికి ప్రశస్త మార్గాన్ని కంట్రోలు చేసే ఆదేశాలుగా మార్చడానికి ప్రత్యేకమైన ప్రోగ్రాములు కావాలి. ఆ బాధ్యత లన్నిటినీ నిపుణుడికి వప్పగించడంకన్న తేలికైనంత పనిలేదు. దానికితోడు రోబట్‌ని కంట్రోలు చేసే కంప్యూటర్ పని ఎంతో తేలికవుతుంది. అంతేకాకుండా, కంట్రోలు వ్యవస్థల పని తేలికవుతుంది. అంటే ఆ వ్యవస్థల నిర్మాణం తేలికవుతుంది. అంటే అది చెడిపోవడం మూలంగా పని ఆగిపోవడం తగ్గుతుంది. వాటితో పనిచేయడం సులువవుతుంది. ధర కూడా తగ్గుతుంది.

ఎక్కడున్నదీ స్థాన నిర్ణయం చేసుకోగలిగినవీ, స్వంత క్రియల ఫలితాలని అంచనా వేసుకోగలిగినవీ, ఏర్పడిన సందర్భాలని బట్టి ఏయే పనులు చేయాలో స్వంతంగా నిర్ణయాలు తీసుకునేవీ అయిన తెలివైన రోబట్లని నిర్మించడానికి ఈ సాంకేతిక రంగానికి ఆధునిక ఎల్రక్ట్రానిక్స్ ఎన్నో అవకాశాలని ఇస్తోంది. దాని కోసం రోబట్లకి ముఖ్యంగా జ్ఞానేంద్రియాల్లాంటి వాటిని అమర్చాలి. దానికోసం "సెన్సర్" లనే వాటిని ఎల్రక్ట్రానిక్స్ మన ముందుంచుతోంది. సెన్సర్‌లు అంటే గ్రహించగలిగేవి అని అర్థం. లాటిన్‌లో సెన్సస్ — అంటే "ఇంద్రియ జ్ఞానం గల" అని అర్థం. వీటిల్లో వేర్వేరు రకాల సూత్రాల మీద వేర్వేరుగా నిర్మించబడిన ధ్వని, దృశ్, స్పర్శేంద్రియ సెన్సర్‌లు ఉన్నాయి.

బాహ్య ప్రపంచంలోని విషయాలతో మనుష్యులకి, జంతువులకి సంబంధాలని ఏర్పరిచే పంచేంద్రియాలే కాకుండా జీవికి ఎన్నో అంతర్గత అనుభూతులుంటాయి. ఉదాహరణకి, కండరాల మీద ఒత్తిడి. దీని మూలంగానే జంతువులు, మనుషులు బాహ్య పరిస్థితులకి అనుగుణంగా స్వంత కదలికలని కంట్రోలు చేసుకోగలుగుతారు. ఇదంతా చూస్తే రోబట్‌కి ఎన్ని ఎక్కువ సామర్థ్యాలున్నాయో అని అనిపించడంలో ఆశ్చర్యం లేదు. అయితే వాటిని ఎంతో జాగ్రత్తతో, అవసరం వచ్చినప్పుడు మాత్రమే ఉపయోగించుకోవాలి. ఎందుకంటే అవన్నీ వుండే రోబట్, పరిశ్రమల్లో ఉపయోగించుకోడానికి వీలుగా, మరీ సంక్లిష్టమైనది కాకుండా, చీటికీ మాటికీ చెడిపోకుండా మరీ ఖరీదైనది కాకుండా ఉండాలి.

సరిగ్గా ఆ కారణం మూలంగానే పారిశ్రామిక రోబట్ సాంకేతిక రంగం సార్వత్రిక రోబట్లని కాకుండా, కొన్ని నిర్దిష్టమైన ప్రక్రియల కోసం మాత్రమే ఉద్దేశించబడే రోబట్లని ఎక్కువగా నిర్మిస్తోంది. దాని ప్రకారం రోబట్ చేత ఎంతో కష్టమైన పనులని చేయించడంలో తేలికైన సాంకేతిక పరిష్కారాలని కనుగొనడం సాధ్యమవుతోంది.

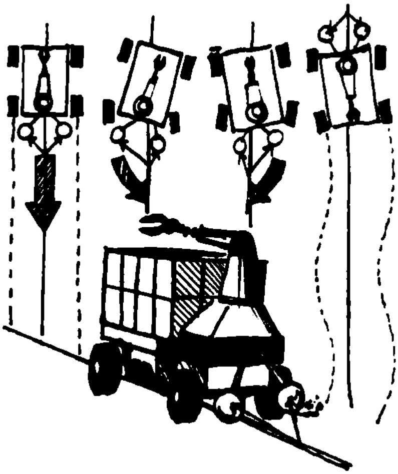


ఇంగ్లండులో గొర్రెల బొచ్చుని కత్తిరించే రోబట్ రూపొందించబడింది. ఎన్నో రోబట్లు ఉత్పత్తి చేయబడ్డాయి కూడాను. అటువంటి రోబట్‌ని రూపొందించడంలో నిపుణులు ఒక కష్టమైన సమస్యని ఎదుర్కొన్నారు. రోబట్ బొచ్చుతో బాటు గొర్రె చర్మాన్ని కూడా చెక్కెయ్యకుండా చూడటం ఎలా అనేదే ఆ సమస్య. దాన్నే సాంకేతిక భాషలో చెప్పుకుంటే ప్రతీ గొర్రె శరీరానికి అనుగుణంగా చర్మాన్ని ముట్టుకోకుండా బొచ్చుని మాత్రమే కత్తిరించేలా ఆటోమేటిక్ కత్తెరని కంట్రోలు చేసే వ్యవస్థని సృష్టించడం ఎలా అనవచ్చు.

దానికో తేలికైన పరిష్కారం కనుగొనబడింది. కత్తెరతో బాటు మూడు "మారే క్షమత్వం గల శక్తి రూపాంతరిణులు" కూడా అమర్చబడతాయి. నున్నగా వున్న ఉపరితలం మీద కనక కత్తెర వెళ్లేటప్పుడు మూడు శక్తి రూపాంతరిణుల దగ్గర్నుంచి ఒకే సంకేతం వస్తుంది. ఉపరితలం కొంచెం వంపు తిరిగినా సంకేతాల్లో తేడా వస్తుంది. ఆ తేడాయే పక్కకి తిరగాలి అనే ఆదేశాన్ని ఇస్తుంది. అటువంటి వ్యవస్థ మూలంగా వంకరలున్న ఏ ఉపరితలం మీదైనా (ఏ గొర్రె శరీరం మీదైనా) కత్తెర జారుతూ తన పని చేసుకుపోతుంది.

రోబట్లతో పనిచేసే లేథ్ యంత్రాల దగ్గర ప్రాసెస్‌చేయబడే భాగాలని, సగం తయారుచేయబడిన భాగాలని ఒక చోట నుంచి మరో చోటుకి తరలించడానికి ఉపయోగించే రోబట్ ట్రాలీలని కంట్రోలు చేసేటప్పుడు కూడా సరిగ్గా అదే సూత్రాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

నేల మీద అద్దంలాంటి ఉపరితలం ఉండే కాంతి మార్గం వేస్తారు. రోబట్ కారు నుంచి సౌష్మవ కాంతి పుంజాలు ఆ మార్గం మీద పడతాయి. కాంతి పుంజాలు పరావర్తనం చెంది రోబట్ కారులో వుంచబడిన రెండు సౌష్మవ ఫొటో సూక్ష్మగ్రాహక సెన్సర్ల మీద పడతాయి. మార్గం మీద సరిగ్గా అది కదులుతున్నంత సేపూ



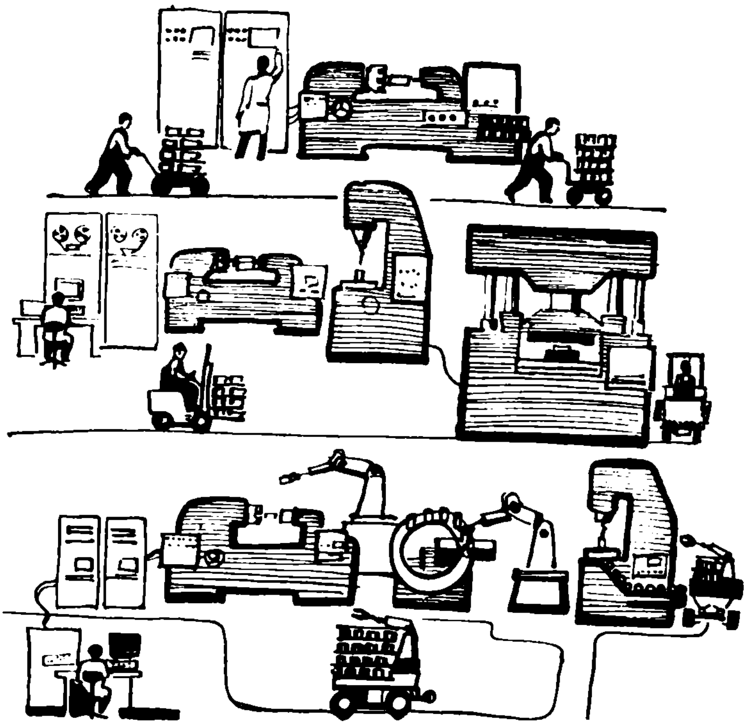
పరావర్తనం చెందిన రెండు సంకేతాలూ సమానంగా ఉంటాయి. రోబట్ కారు మార్గం తప్పిందంటే సంకేతాల్లో వచ్చే తేడాని సెన్సర్ పట్టేస్తుంది. తక్షణం ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థ ఆదేశాన్ని పంపిస్తుంది. దాని ప్రకారం రోబట్ కారు తిరిగి కాంతి పుంజాలని పరావర్తనం చేసే మార్గంలోకి వచ్చేసి యథాప్రకారం మార్గం వెంబడి కదులుతుంది. ఆవిధంగా రోబట్ కారు కాంతి మార్గానికి కొంచెం ఎడమ పక్కకీ, కుడి పక్కకీ తిరుగుతూ ఎప్పటికప్పుడు తన సరైన మార్గంలోకి వస్తూంటుంది. ఆగమని ఆదేశం వచ్చేదాకా ముందుకు కదులుతూ వెళ్తుంది. లేకపోతే మలుపు తిరగవలసిన చోట నిర్ణయించబడిన స్థితిలోకి వస్తుంది.

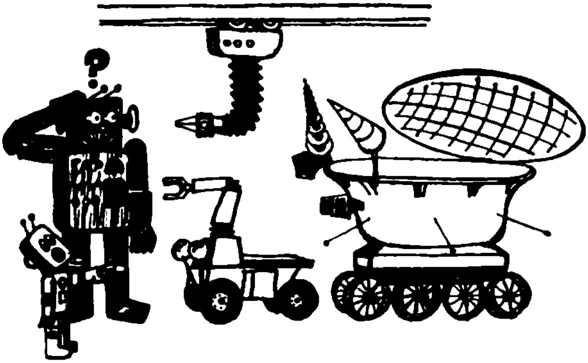
సెన్సర్లు (ట్రాన్స్‌డ్యూసర్లు), ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లు, ఎలక్ట్రిక్ మోటార్లు క్షణాల్లో నిర్ణయాలు తీసుకోగలవు. అందుకనే రోబట్ కారు ప్రధాన మార్గం నుంచి అతి స్వల్పంగా మాత్రమే పక్కకి తప్పుకున్నా తిరిగి యథా స్థానానికి వెంటనే వచ్చేస్తుంది. పక్కకి తప్పుకునేది ఎంత స్వల్పం అంటే దాన్ని మనం గమనించలేం. అందుకనే రోబట్ కారు వంకరటింకరగా కాకుండా తిన్నగా ముందుకు కదులుతుంది.

వేర్వేరు కార్యాలకి ఉద్దేశించబడినవి, వేర్వేరు రూపాలు కలిగినవి అయిన రోబట్లు తరిమెన యంత్రాలూ, కోత, మరకోత యంత్రాలూ, బరమా యంత్రాల దగ్గర ఈరోజున పనిచేస్తున్నాయి. ఆటోమేటిక్ ప్రెస్‌ల దగ్గర, కరగబెట్టే కొలుముల దగ్గర, రసాయన గాల్వానిక్ తొట్టెల దగ్గరా, మైక్రో సర్క్యూట్‌ల మీద పూతపూసే వాక్యూమ్ గదుల్లోనూ, ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డుల మీద జాయింట్లని కలపడానికి, భాగాలని

వెల్డ్ చేసే చోటా, తయారైన భాగాలకి వార్నీషు పూసే చోటా, మొదలైన ఎన్నో చోట్ల ఆ రోబట్లు పనిచేస్తున్నాయి. అవి ఎంతో విజయవంతంగా కార్మికుల స్థానంలో పనిచేస్తున్నాయి. అయితే ఎవరి స్థానంలో పారిశ్రామిక రోబట్ పనిచేస్తోందో ఆ కార్మికుడికీ దానికీ అసలు పోలికేలేదు.

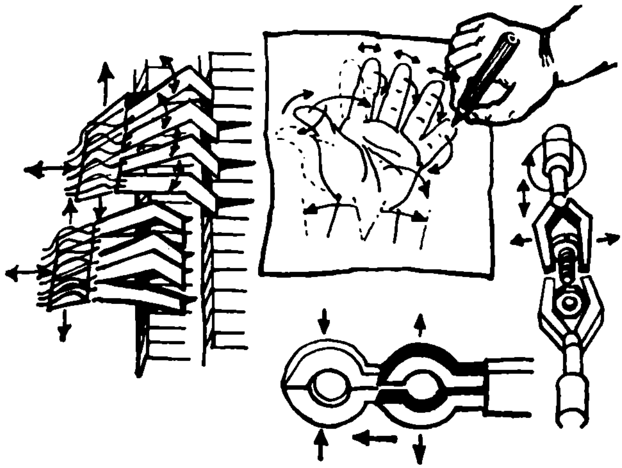
కారెల్ చాపెక్ జోస్యం పూర్తిగా కాకపోయినా ఎంతోవరకు నిజమైంది. ఈ శతాబ్దపు ఆరంభంలో అతని కాల్పనిక కథలూ, నవలల్లో ప్రత్యక్షమైన ''రోబట్'' నేడు నిజ జీవితంలో కూడా ప్రత్యేకమైంది. రోబట్ అనే పదాన్ని కారెల్ చాపెక్ రూపొందించాడు. స్లావిక్ భాషలో రబొత (పని) అనే పదం నుంచి ''రోబట్'' వచ్చింది. అన్ని భాషల్లోనూ రోబట్ అనే పదం విస్తృతంగా వాడబడుతోంది. అమెరికన్, ఇంగ్లీషు సాంకేతిక పుస్తకాల్లో, వ్యాసాల్లో ''ఆటో వర్కర్'' అనే పదం బదులు రోబట్ అనే పదం ఎక్కువగా కన్పిస్తుంది. రోబట్ల గురించిన తొలి నవలని కారెల్ చాపెక్ కాకుండా గెర్బెర్ట్ వేల్స్ రాసివుండుంటే ''ఆటో వర్కర్'' అనే పదం బాగా వాడుకలోకి వచ్చివుండేదేమో.





చాపెక్ నవలల్లోని రోబట్లు పూర్తిగా మనిషిని పోలివుండేవి. నేటి పారిశ్రామిక రోబట్లకి మనిషికి బాహ్య స్వరూపంలో అసలు ఏమాత్రం పోలికా వుండదు. ఎందుకంటే రోబట్లని రూపొందించేవారు అవి మనిషిని పోలివుండేలా చూడడానికి ప్రయత్నించడం లేదు. దానికి ఒకే చెయ్యి వుండచ్చు, లేకపోతే రెండూ, మూడూ చేతులు ఉండవచ్చు. ఏదైనా ప్రెస్ దగ్గరో లేథ్ దగ్గరో ఉండి వాటికి సహాయం చేస్తుంది కాబట్టే దానికి కాళ్ళు వుండవు. అది నడవాల్సి వుంటే దానికి చక్రాలని అమరుస్తారు. నున్నటి ఉపరితలం మీదగాని పట్టాలమీద గాని దాన్ని నడిపిస్తారు. నున్నటి ఉపరితలం మీదే కాకుండా కొండలనీ గుట్టలనీ ఎక్కడానికి, మెట్లు ఎక్కడానికి, అడవుల్లో తిరగడానికి, పిల్ల నదులు దాటడానికి మనిషికి కాళ్ళు అవసరం. మనిషి ఒక సార్వత్రిక వ్యవస్థ. కాని పారిశ్రామిక రోబట్ తన జీవితమంతా కర్మాగారం లోని ఏదో ఒక విభాగంలోనే పడివుంటుంది.

మనిషి చెయ్యి వ్యవసాయంలోనూ, కుమ్మరి, కమ్మరి పనుల్లోనూ, సంగీత వాయిద్యాలని వాయించడంలోనూ, రంగులతో బ్రష్‌తో బొమ్మలు వేయడంలోనూ అలా ఎన్నో పనుల్లో మనిషికి సహాయం చేస్తుంది. అందుకోసమే చేతికి ఐదు వేళ్ళున్నాయి. అన్ని వేళ్లకీ (బొటనవేలు తప్పించి) కదిలే మూడు కణువులుంటాయి. నిపుణుడు రోబట్‌కి కూడా అటువంటిదే ఒక సార్వత్రిక చెయ్యిని అమర్చాలనుకుంటే మూడు కణువులుండే వేళ్లని రూపొందించడం ఒక సమస్య అయితే, ఆ వేళ్లని ఎలా కంట్రోలు చేయాలనేది మరింత పెద్ద సమస్య అవుతుంది. ఇక్కడే ఏకకాలంలో వేళ్ల 14 కణువులనీ కంట్రోలు చేయడమనే అతి క్లిష్టమైన సమస్య అతనికి ఎదురవుతుంది. నాలుగు వేళ్ళు కిందకి, ఎడమపక్కకి, కుడిపైపుకి కదులుతే, బొటనవేలు ఇంకా గుం



ద్రంగా తిరగగలదు. అన్నీ కలిపి ఐదు వేళ్ళన్న ఆ చేతి కదలికలని కంట్రోలు చేయడానికి ఏకకాలంలో ఖరమైన పరామితులని మార్చాల్సివుంటుంది.

సార్వత్రికత రీత్యా చూస్తే మనిషి చేతికీ, రోబట్ చేతికీ మధ్య అసలు పోలికే లేదు. కానైతే కణువులలో పోల్చినప్పుడు రోబట్ చెయ్యి మనిషి చెయ్యి కంటే ఎంతో సరళంగా ఉంటుంది.

రోబట్ల చేతులు ఐదు వేళ్ళుండే మనిషి చెయ్యి లాగ వుండకుండా ఎండ్రకాయ డెక్కల్లాగానో, కుమ్మరి పురుగు దవడల్లాగానో ఉంటాయి. దేన్నయినా యాంత్రికంగా పట్టుకోవడానికి బదులు అయస్కాంతాన్నో లేక వాయువును పీల్చే పంపునో (న్యూమాటిక్ సక్షన్) తరుచుగా వాడుతుంటారు.

అంతర్జాతీయ రోబట్ల ప్రదర్శనలో జపాన్‌లో ఆర్గన్-రోబట్‌ని ప్రదర్శించారు. దాని చేతులకి ఐదు వేళ్ళ చొప్పున ఉన్నా వాటిని వేళ్ళ అనడానికి వీలులేదు. వాల్వులు అనడం సబబుగా ఉంటుంది. తేలిగ్గా వంగి, బాగా కదిలే వేళ్ళ సంగీతకారుడికి కాకపోతే ఇంకెవరికి అంత అవసరం అనిపించవచ్చు. అయితే ఇక్కడ యింకా సరళమైన సాధనాలతో పని జరిగిపోతుంది. ఎందుకంటే ఆర్గన్ వాయించే రోబట్‌కి, వాయిద్యపు మీటలని నొక్కడానికి మాత్రమే వేళ్ళ అవసరం. అంతేకాని వాటితో తంత్రులని మీటనవసరం లేదు, ఫిడేలు కమాను పట్టుకోవాల్సిన అవసరం లేదు. ముఖ్యమైన విషయం ప్రతీ మీటని సరైన సమయంలో అనుకున్నట్లుగా నొక్కాలి. అలాగే మొత్తం సంగీతంలో ఆ మీట ఎటువంటి ధ్వనిని ఎంత తీవ్రంగా ఇవ్వాలో

సరిగ్గా అంతే బలంతో ఆ మీటను నొక్కాలి. ఆర్గన్-వాయించే రోబట్‌ని కంట్రోలు చేసే ప్రోగ్రామ్‌ని రూపొందించేటప్పుడు దీన్నంతటినీ దృష్టిలో వుంచుకుంటారు. అందుకనే దాని చేతులు మనిషి చేతులంత సమగ్రంగా ఉండనవసరంలేదు.

ఏదో ఒక నిర్దిష్ట రంగంలో మాత్రమే నైపుణ్యాన్ని సాధించడం మూలంగా సాంకేతికశాస్త్రానికి ప్రకృతిని అనుకరించాల్సిన అవసరం లేకుండా పోతోంది. జీవితానుభవం వేసిన బాటల్లో వెళ్తూ ఎదురయ్యే సమస్యలని ఇంజనీరింగు పరిష్కరిస్తోంది. ఎత్తుపల్లాలుండే కఠినమైన మార్గాల్లో ప్రయాణం చేయాల్సివచ్చినప్పుడు మాత్రమే కృత్రిమమైన కాళ్లని సాంకేతిక రంగం ఉపయోగిస్తోంది. ఆ సందర్భాల్లో అడుగులు వేసే ఎక్స్‌కవేటర్, లూనాఖోద్‌లకి కాళ్లని అమరుస్తారు. మిగిలిన అన్ని ఇతర సందర్భాల్లోనూ, చదునైన రోడ్ల మీదా, రైలు పట్టాల మీదా లేక కర్మాగారంలోని నున్నని నేల మీదా చలించడం జరుగుతుంది. పై సందర్భాలన్నింటిలోనూ చక్రాలని వాడడం వీలుగానూ తేలిగ్గానూ ఉంటుంది.

వైమానిక విజ్ఞానం (ఏవియేషన్) ప్రకృతిలో మాదిరి రెక్కలుండే ఎగిరే వాహనాలని సృష్టించివుండుంటే అవి అతి ధ్వని వేగాలని ఏనాటికీ పొందగలిగేవి కావు.

రోబట్లకి జీవంపోసి మనుష్యులని చేయడమనే అభూత కాల్పనికుల భావాలని పారిశ్రామిక రోబట్ సాంకేతిక విజ్ఞానం ఎన్నోసార్లు తోసిపుచ్చింది. అయినా కూడా ఈరోజున అభావం అనుకోకుండా ఇంకోచోట తలెత్తింది.

రోబట్ల తయారీలోనూ వాడకంలోనూ ప్రపంచంలోనే అగ్రభాగాన వున్న కంపెనీలలో "మత్సుషీత డాంకె" అనే కంపెనీ ఒకటి. ఆ కర్మాగారంలో కార్మికులతో కలిసి పనిచేస్తుండే రోబట్ల గౌరవార్థం వాటికి జపాను పేర్లని పెడతారు. అయితే అది అంతటితో అవలేదు. రోజూ పనిని ప్రారంభించేముందు కార్మికులంతా "నిన్నటికంటే ఈరోజు ఇంకా ఎక్కువ కష్టపడి పనిచేస్తాం" అంటూ వారి ఫాక్టరీ గీతం పాడుతూ శపథం చేస్తారు. అటువంటి కార్యక్రమం మూలంగా కార్మికులు తమ ఇళ్ల దగ్గరి సమస్యలని తాత్కాలికంగా మర్చిపోయి ఎంతో ఏకాగ్రతతో పనిలో పాల్గొంటారని జపాను సామాజిక తత్వవేత్తలు, సోషియాలజిస్టులు నొక్కిచెప్తున్నారు.

ఈమధ్యనే పైన చెప్పుకున్న కార్యక్రమంలో రోబట్లు కూడా పాల్గొనడం మొదలెట్టాయి. దానికోసం ప్రత్యేకమైన ప్రోగ్రాములని రూపొందించాల్సి వచ్చింది. వాటి ప్రకారం ఫాక్టరీ గీతం వచ్చే సమయంలో రోబట్లన్నీ సంగీతానికి అనుగుణంగా, అన్నీ కలిసి తమ యాంత్రిక హస్తాలని ఊపుతాయి. ఆవిధంగా కర్మాగారంలో జరుగుతున్న పనిలో కార్మికులతోబాటు తామూ పాల్గొంటున్నాయని తెలుపుతాయి.

సమ్యత, మాడ్యూల్ ధర్మాలు, కంప్యూటర్

ప్రతీ లేథ్ మిషనూ, దానికి సహాయం చేసే రోబట్ అలాగే దాన్ని నడిపే కంప్యూటరూ కలిస్తే ఒక ఫ్లెక్సిబుల్ ఇండస్ట్రియల్ మాడ్యూల్ అవుతుంది.

ప్రతీ మాడ్యూల్ పనీ సరకుని పోల్చి చూడడమైతే (ఇది ఒక సంగీతకారుడు వాయించే వాయిద్య మనుకుందాం), అటువంటి ఎన్నో మాడ్యూల్ల చర్యల మధ్య సమన్వయాన్ని ఏర్పరచడం అంటే ఆటోమేటిక్ రవాణా రోబట్‌కీ స్టోర్‌హౌస్‌కీ మధ్య సమన్వయాన్ని ఏర్పరచడం "సంగీత దర్శకుని" పని. ఆ బాధ్యతని ఎప్పటిలాగానే "ఎలక్ట్రాన్ పరికరం" స్వీకరిస్తుంది. వేర్వేరు భాగాల తర్వాతి సెట్టు సరుకుని ప్రాసెస్ చేయడానికి ఇంకో కంప్యూటర్ సిద్ధంచేయాలి. లేథ్‌ల, రోబట్ల, రవాణా రోబట్, స్టోర్‌హౌసులని కంట్రోలు చేయడానికి ఒక సంక్లిష్ట ప్రోగ్రామ్ ఉంటుంది. ఆ ప్రోగ్రాములని ఆటోమేటిక్‌గా, డ్రాయింగులలో వుండే విలువలనాధారంగా రూపొందిస్తారు. తర్వాత ఆ ప్రోగ్రాములని కంప్యూటర్‌కి – సంగీత దర్శకునికి అందిస్తారు. అప్పుడా సంగీత దర్శకుడు అందరి వాద్యగాళ్లకీ విడి విడిగా ఆదేశాలని పంపుతాడు. అక్కడితో ఏర్పాట్లు అన్ని అయిపోయినట్లే. సంగీత దర్శకుని చేతిలో బెత్తం ఊగగానే వాద్యగాళ్ల బృంద వాయిద్యాన్ని మొదలెట్టేస్తారు.

బృంద వాయిద్యపు తొలి ధ్వనులు మోగాయి. ఇప్పుడు ప్రతి వాద్యగాడూ సరిగ్గా సరైన సమయంలో వాయించడం మొదలెట్టాలి.

"ఎప్పుడు", "ఏమిటి" చేయాలో చెప్పే సంకేతాలు స్టోరింగ్ రోబట్‌కి, రవాణా రోబట్‌కి, లేథ్‌కి, ప్రతీ మాడ్యూల్‌కి చెందిన రోబట్‌కి కంప్యూటర్ దర్శకుడు దగ్గర్నుంచి అందుతాయి. ప్రతీ దానికి "ఎలా" చేయాలో అనేది తెలుసును. ఎందుకంటే వాటిని కంట్రోలు చేసే ప్రతి కంప్యూటర్ మెమొరీలో కోడ్ రూపంలో ఒక ప్రోగ్రామ్ ఉంచబడివుంటుంది.

ఆవిధంగా ఎన్నో కంప్యూటర్లు ఒకదానితో ఇంకొకటి కలిసికట్టుగా పనిచేస్తూ ఫ్లెక్సిబుల్ ఇండస్ట్రియల్ వ్యవస్థలు సంక్లిష్ట యంత్రాలని కంట్రోలు చేస్తాయి.

ఎందుకటువంటి వ్యవస్థలని ఫ్లెక్సిబుల్ వ్యవస్థలని పిలుస్తారు?

ఏవిధంగా ఫ్లెక్సిబిలిటి సాధించబడుతుందో తెలుసుకోడానికి, ఎలక్ట్రానిక్స్‌యంతో నడపబడే లేథ్‌ని అంతకుముందు రూపొందించబడిన ఆటోమేటిక్ టర్నింగ్ కేప్‌స్టన్ లేథ్‌తో పోల్చిచూద్దాం.

కేప్‌స్టన్ లేథ్ కూడా ఒక ప్రోగ్రామ్ ప్రకారమే పనిచేస్తుంది. ఆ ప్రోగ్రామ్‌ని ఒక జా మెకానిజం ఇస్తుంది. ప్రతీ 'జా' పరిమాణమూ, సాధనం లేక భాగం మారే

క్రమానికి అనుగుణంగా ఉంటుంది. భాగాన్ని ప్రాసెస్ చేసేటప్పుడు ప్రాసెసింగ్‌లోని ముందు ప్రక్రియని లేథ్ పూర్తిచేసిన తర్వాత మాత్రమే భాగపు స్థాన మార్పిడి జరిగేలా 'జా' ల భ్రమణ వేగాన్ని నిర్ణయిస్తారు. లేథ్ చేసే క్రియల ముందువెనుకలని పైన చెప్పుకున్న 'జా' లు నిర్ణయిస్తాయి. ఆవిధంగా కేప్‌స్టన్ లేథ్‌లో జా మెకానిజం నిర్వహించే పనులు సరిగ్గా సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు ఉన్న లేథ్‌లో పెర్ఫొరేటెడ్ టేపు నిర్వహించే పనుల్లాంటివే.

అయితే వాటి మధ్య చెప్పుకోదగిన తేడా కూడా ఉంది. పెర్ఫొరేటెడ్ టేపుల మార్పు క్షణాల్లో జరుగుతుంది. అదే కొత్త భాగాన్ని తయారుచేయడానికి టర్నింగ్-కేప్‌స్టన్ లేథ్‌ని సిద్ధంచేయడానికి కొన్ని గంటలు కావాల్సివస్తుంది. దాని కోసం 'జా' మెకానిజంని విప్పదీయాలి, 'జా' లని మార్చాలి, కొన్ని సందర్భాల్లో కావల్సిన పరిమాణాల్లో 'జా' లని తయారుచేయాలి కూడాను.

అందుకనే సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంట్రోలు వున్న లేథ్ తిరిగి సర్దుబాటు చేసుకొనే నమ్యమైన (ఫ్లెక్సిబుల్) యంత్రాల జాబితాకి చెందితే, కేప్‌స్టన్ లేథ్ మార్పుకోడానికి వీలుకాని (రిజిడ్) యంత్రాల జాబితాలోకి చేరుతుంది.

ఫ్లెక్సిబుల్ పారిశ్రామిక సంశ్లిష్ట వ్యవస్థల్లో లేథ్‌లకి రోబట్లకి ప్రోగ్రాములని అందించడం, మనిషి అవసరం లేకుండానే ఆటోమేటిక్‌గా జరుగుతుంది. దాని కోసం సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంప్యూటర్ స్థానంలో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం ఉంచాల్సివచ్చింది. ఆ పరికరానికి మెమొరీ ఉండటమే కాకుండా వేరే కంప్యూటర్ తయారుచేసిన ప్రోగ్రామ్‌లని స్వీకరించగలదు కూడా. ఆవిధంగా "చెప్పే ఆదేశక కంప్యూటర్"కి "చేసే (కార్యనిర్వాహక) కంప్యూటర్"కి మధ్య గల సంబంధం పున్యామా అనే ఒకటే కాకుండా ఎన్నో భాగాల తయారీలో ఫ్లెక్సిబుల్ వ్యవస్థనంతా సిద్ధం చేయడానికి గంటల సమయం కాకుండా (కేప్‌స్టన్ లేథ్‌లో మాదిరి), సెకన్లు (పెర్ఫొరేటెడ్ టేపులుండే సంఖ్యాత్మక ప్రోగ్రామ్ కంప్యూటర్‌లో లాగా) లేక సెకను కంటే తక్కువ కాలం పడుతుంది. అయితే దాని కోసం ముందుగానే లేథ్‌లని, రోబట్‌లని, రవాణా రోబట్‌ని, స్టోర్‌హౌస్‌ని కంట్రోలు చేయడానికి పూర్తి సంశ్లిష్ట ప్రోగ్రాములని తయారుచేయాల్సిన అవసరం ఉంది.

తయారయే భాగాలలో ప్రతీదీ ఎక్కడి నుంచి ఎక్కడికి వెళ్లాలో, ఏ రకం ఏ లేథ్‌మీద ప్రాసెస్ అవాలో అదంతా పరిగణనలోకి తీసుకునే ప్రోగ్రామ్‌ని తయారుచేస్తారు. ప్రతీ విభాగంలోనూ పదులకొద్దీ వేర్వేరు లేథ్‌లుంటాయి. వాటి మీద ఒకే సమయంలో వందలకొద్దీ భాగాలు ప్రాసెస్ చేయబడుతూంటాయి. అలాంటప్పుడు కొత్త

ప్రోగ్రాములని ప్రారంభించే సంశ్లిష్ట వ్యవస్థలో వివిధ ఆదేశాలు ఎన్ని ఉంటాయో మీరే ఊహించుకోండి.

ఒక షిఫ్టులో భాగా ప్రోసెసింగ్ జరుగుతూంటే తర్వాతి సరుకుని ప్రోసెసిం గ్‌కి సిద్ధంచేసే పూర్తి సంశ్లిష్ట ప్రోగ్రాముల్ని ఇంకో కంప్యూటర్ తయారుచేస్తూం టుంది. లేథ్‌లని, రోబట్లని కంట్రోలు చేసే కంప్యూటర్ చెప్పినపని చేసే కార్యనిర్వాహక కంప్యూటర్ల బాధ్యత వహిస్తుంది. వాటి క్రియలని సమన్వయ పరిచే కంప్యూటర్ ఏం చేయాలో చెబుతూంటుంది.

చివరికి కంప్యూటర్ సహాయంతో కూడా ప్రోగ్రాముల్ని తయారుచేయడానికి ఎన్నో గంటల కాలం పట్టచ్చు. కొత్త భాగాలని 'జా'లు అందించే కోసం కేప్‌స్టన్ లేథ్ ఆగా ల్సివస్తే ఫ్లెక్సిబుల్ సంశ్లిష్ట వ్యవస్థ మాడ్యూల్ ఖాళీగా కూర్చోకుండా కంప్యూటర్ సహాయంతో కొత్త భాగాల ప్రోసెసింగ్‌కి సంబంధించిన ప్రోగ్రామ్‌ని తయారుచేస్తుంది. ఎప్పుడైతే ఆ ప్రోగ్రాములు తయారైపోతాయో వెంటనే క్షణంకంటే తక్కువ కాలంలో "కార్యనిర్వాహక కంప్యూటర్ల" మెమొరీలోకి అవి వెళ్లిపోతాయి. ఆవిధంగా కంప్యూటర్ల పుణ్యమా అని ఏ కొత్త భాగాల ప్రోసెసింగ్ అవసరమైనా దానికి అనుగుణంగా ప్రోగ్రా ములని మార్చుకోవడం కుదురుతోంది. అంతేకాకుండా దాని సామర్థ్యతా పెరుగుతోంది. అంటే రోబట్లనీ, లేథ్‌లనీ క్షణం విరామం లేకుండా ఉపయోగించుకునే అవకాశం ఉంటోంది.

శాస్త్ర – సాంకేతిక అభివృద్ధి శకంలో అదెంతో అవసరం. అయితే ఎంత ఫ్లెక్సి బుల్ ప్రక్రియలైనా వాటికీ కొన్ని అవధులుంటాయి. ఆ అవధులనే కచ్చితంగా తెలుసుకోవాలి.

ఫ్లెక్సిబుల్ పరిశ్రమ స్థాపనకి ముందుగా ఫ్లెక్సిబుల్ టెక్నాలజీ అనేది ఏర్ప డింది. ఆ భావానికి సాంకేతిక శాస్త్రజ్ఞులు అభ్యంతరం చెప్పారు.

– ఫ్లెక్సిబుల్ టెక్నాలజీ అంటే ఏమిటి? ఫ్లెక్సిబుల్ టెక్నాలజీ అంటే పరిశ్రమలో అరాచకం తప్పించి మరేమీ కాదని వాళ్లు దండెత్తారు.

వాళ్ల దృష్ట్యా చూస్తే అదీ రైటే! ఉదాహరణకి మైక్రో సర్క్యూట్‌లని, ఎల క్ట్రానిక్ పరికరాలని తయారుచేసే సాంకేతిక శాస్త్రాన్నే తీసుకుందాం. కచ్చితమైన పరామితుల్లో ఎటువంటి చిన్న మార్పులు వచ్చినా మొత్తం సరుకంతా పనికిరాకుండా పోయేది.

సంశ్లిష్ట ఆటోమేటిక్ పారిశ్రామిక వ్యవస్థలు వచ్చిన తర్వాత కచ్చితమైన పరా మితుల్లో ఎటువంటి తేడాలు లేకుండా ఇంకా గట్టి బందోబస్తులు జరిగాయి. ఆవిధంగా సరుకు నాణ్యత పెరిగింది. దీన్నెలా సాధిస్తారంటే, భాగాలని తయారుచేసేటపుడు ఆటో

మేటిక్ లేథ్‌లు ఆ అధిక నాణ్యతని ఇస్తాయి. దాన్ని కంట్రోలు చేయడానికి ఆటోమేటిక్ సాధనాలని ఎలక్ట్రానిక్స్ రూపొందించింది. అవి క్షణంలో ఎక్కడ ఏ భాగపు నాణ్యత సరిపడనంత లేదో ఆదేశక కంప్యూటర్‌కి సంకేతాన్ని పంపుతాయి.

అయినప్పటికీ కంట్రోలు చేసే ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలని ఉపయోగించడం ప్రారంభం కాగానే టెక్నాలజీకి కొంతవరకు ఫ్లెక్సిబిలిటీ అనేది ఏర్పడుతుంది. సరిగ్గా ఆ ఫ్లెక్సిబిలిటీయే ఆదేశక కంప్యూటర్‌కి అవసరం. అన్నీ సరిగ్గా పనిచేసేలా చూడటమే దాని పని.

భాగాలు ప్రాసెసింగ్‌కి గురవుతూ ఒకదాని దగ్గర్నుంచి ఇంకొకదానికి వెళ్తూ ప్రయాణం చేస్తూంటాయి. అలాంటప్పుడు అన్ని లేథ్‌ల పని భారం సమానంగా వుండేలా లెక్కలువేసి ఆ భాగాలని గ్రూపులుగా పంపుతూండాలి.

అలా చేయడానికి ఎన్నో అవకాశాలున్నాయి. ఉదాహరణకి, 100 భాగాలని 10 గ్రూపులుగా విభజించడానికి ఉన్న అవకాశాల సంఖ్య 100^{10} (వంద మిలియార్డులు!) అన్ని అవకాశాలనుంచి రోబట్లు, లేథ్‌లు పనిలేకుండా వూరకనే వుండే కాలాన్ని కనిష్ఠం చేసే పరిస్థితులను "ఆదేశక కంప్యూటర్" ఎంచుకోవాలి.

ఫ్లెక్సిబుల్ మాడ్యూల్‌లూ, అలాగే అవి తయారుచేసే భాగాల ఏకీకరణ అనేది ఒక సమస్యగా ఉంటోంది. వ్యవస్థ ఎంత ఫ్లెక్సిబుల్ అయినా దానికుండే అవకాశాలకి కూడా ఒక పరిమితి అంటూ ఉంటుంది. అటువంటి ప్రతీ యంత్రం ఒక నిర్దిష్ట లక్ష్యంకోసం ఏదో ఒక రకం భాగాల తయారీకోసం రూపొందించబడుతుంది. గడియారాలలో చిన్న చిన్న భాగాలని అలాగే భారీ హైడ్రోటర్బ్యయిన్ల బ్లేడులని ఒకే టర్నింగ్ లేథ్‌తో ప్రాసెస్ చేయలేం. డ్రిల్లింగ్ లేథ్ వేసే రంధ్రాల వ్యాసాలు దానికోసం వాడే మర మేకులమీద ఆధారపడి ఉంటాయి. అయితే ఎన్నో రకాల మర మేకులని తయారు చేసుకోవచ్చు. కాని వాటిని రోబట్ సహాయంతో మార్చడం ఎలా? వాటి సంఖ్య పెరిగినకొద్దీ, వాటిని ఉంచాల్సిన అరల సంఖ్య పెరుగుతుంది. వాటికి ఇచ్చిన కోడ్ పేరుల సంఖ్య పెరిగి అవన్నీ జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాల్సిన మెమొరీ పెద్దదవుతుంది. వాటిని ఆటోమేటిక్‌గా మార్చడంకోసం ఇవ్వాల్సిన వివిధ రకాల ఆదేశాల సంఖ్య పెరుగుతుంది.

అందుకనే ఫ్లెక్సిబుల్ ఆటోమేటిక్ సంశ్లిష్ట వ్యవస్థలకి చెందిన యంత్రాలను రూపొందించడంతోబాటు, ఏకకాలంలో ఆటోమేటిక్ లేథ్‌ల మీద ప్రాసెస్ చేయబడే భాగాల, జాయింట్ల ఏకీకరణ కూడా జరుగుతుంది.

అప్పుడు కొత్త పరికరాలని, మెకానిజంలని నిర్మించేవారి ముందు ఒక ప్రశ్న తలెత్తుతుంది: కొత్త జాయింట్లని రూపొందించడంలో ఇన్ని అడ్డంకులుంటే ఇంక దాన్ని నమ్యత అని ఎలా అనగలం?

దానికి రుజావుగా రూపకర్తలు బూట్లని తయారుచేయడానికి ఉద్దేశించబడిన ఫ్లెక్సిబుల్ మెషీన్‌ని తీసుకున్నారు. అది ఇలా పనిచేస్తుంది: బూట్లని ఆర్డరు చేసినవాడి కాలు నమూనాని గీస్తుంది. అప్పుడు సరిగ్గా ఆ కాలుకే బూటుని తయారు చేస్తుంది. అదీ ఫ్లెక్సిబిలిటి అంటే!

అంతా బాగానే ఉందికాని, ఇక్కడ ఫ్లెక్సిబిలిటీకి అవధులంటూ లేకపోలేదు. ఈ సందర్భంలో కూడా కొనుగోలుదారుడి కాలులోని ప్రత్యేకతలని పరిగణనలోకి తీసుకునే మెషీను (రోబట్) ప్రామాణీకరించబడిన ఎన్నో భాగాలని (మడమలు, బూటు లేసులు దూర్చడానికి చిల్లులు వగైరాలు) ఉపయోగించుకుంటుంది. సరిగ్గా వాటినే ఏకీకరించబడిన మాడ్యూల్‌లు అంటారు. వాటి సహాయంతో రోబట్ వేర్వేరు బూట్లని తయారు చేయగలుగుతోంది. దీన్ని దేనితో పోల్చవచ్చంటే, చిన్నపిల్లలు వాడే కన్‌స్ట్రక్టర్లలోని ప్రామాణిక భాగాలని ఉపయోగించి కార్లు, విమానాలు మొదలైన బొమ్మలని తయారుచేయడం సాధ్యమవుతోంది.

ఒకే వ్యవస్థలో పూర్తిగా వ్యతిరేకమైన రెండు ధర్మాలు ఉండడం (ఫ్లెక్సిబిలిటి, రిజిడిటి) సాధ్యమేనా అనే సందేహం ఎవరికైనా రావచ్చు. ఆ సందేహ నివృత్తికి ఉదాహరణగా ముద్రించబడిన సమాచారాన్ని తీసుకోవచ్చు.

పదాలని కూర్చడంలో, గ్రామరులో ఎటువంటి నిషేధాలూ లేవనుకుందాం. ప్రతి వ్యక్తీ తనకి తోచిన విధంగా అక్షరాలని కూర్చి పదాలని తయారుచేశాడనుకుందాం.

అటువంటి పరిస్థితిలో ముద్రించబడే సమాచారానికి గరిష్ఠమైన ఫ్లెక్సిబిలిటి ఉంటుంది. అయితే దాని అర్థమేమిటో తెలుసుకోవడం ఎవరివల్లా కాదు. దాన్ని కూర్చినవాడికి ఒక్కడికి మాత్రమే అది అర్థమవుతుంది.

మీకెక్కడా తెలుగు భాషలో 'డుచ్చా', 'డుళ్లా' లాంటి పదాలు తగలవు.

అయితే (వె)'ళ్లాడు', (వ) 'చ్చాడు', 'వుంది', 'సింది' లాంటివి ఎక్కడబడితే అక్కడ తగులుతాయి. వీటినే ప్రామాణిక మాడ్యూల్‌లు అని అంటారు: వీటి సహాయంతోనే వ్యాసాలు, కథలు, నవలలు వగైరాలన్నీ తయారవుతాయి.

అందుకనే రిజిడ్ మాడ్యూల్‌లు (పదాలు), అర్థం లేని పదాలు వచ్చేలా అక్షరాలని కూర్చడం మీద నిషిద్ధం ఉన్నా ముద్రించబడిన సమాచారం ఎంతో ఫ్లెక్సిబిల్ వ్యవస్థలా పనిచేస్తుంది. ఒకే రకమైన అక్షర మాడ్యూల్‌ల సహాయంతో స్నేహితుడికి ఉత్తరాన్ని, కవిత్వాన్ని, విజ్ఞానశాస్త్ర వ్యాసాన్ని అంతెందుకు, జీవితంలో మనకి ఏది కావాలంటే దాన్ని రాసుకోవచ్చు.

ఎలక్ట్రానిక్స్, ప్రగతి

రేడియో, టెలివిజన్, కంప్యూటర్‌లు లేకుండా ఆధునిక సమాజాన్ని ఊహించు కోలేం. కొన్ని దశాబ్దాల తర్వాత చంద్రుడి మీద లూనాఖోద్ బుద్ధిగా చెప్పినట్లు తిరుగుతుందని, దాన్ని నడిపేవాడు లూనాఖోద్‌లో కాకుండా చంద్రుడికి 350 వేల కిలోమీటర్ల దూరంలో భూమి మీద కూర్చుని దాన్ని నడుపుతాడని ఈ శతాబ్దారంభంలో ఎవరికైనా చెప్తే, ఎవడూ నమ్మేవాడే కాదు. నడిపేవాడికి (ఆపరేటర్‌కి) ముందున్న తెర మీద అంతా కన్పిస్తుంది. లూనాఖోద్ దారిలో ఎక్కడ ఏముందో అంతా దానిలో కూర్చున్నట్లే భూమి మీద నుంచి అతను చూడగలడు. కంటికగపడనివీ, కాని బలమైనవీ అయిన ఏవో బలాలు ఛానెల్‌ల ద్వారా లూనాఖోద్‌నీ ఆపరేటర్‌నీ కలుపుతున్నాయి. ఆ బలాలే ఉద్దిష్ట రేడియో తరంగాలు. రేడియో తరంగాలు సమాచారాన్ని మోసుకెళ్తాయి. కొన్ని ఛానెల్‌ల గుండా ఆదేశాలు ఆపరేటర్ నుంచి వెళ్తే, మిగతా ఛానెల్‌ల గుండా లూనాఖోద్ కదలికల గురించీ, దానికి దారిలో ఏం తగిలిందీ, ఆ సమాచారమంతా ఆపరేటర్‌కి తిరిగి వస్తుంది. భూమి మీదనుంచి వెళ్లే ఆదేశాలు కోడ్ చేయబడిన చిరునామాల రూపంలో ఉంటాయి. లూనాఖోద్ మీద డికోడ్ చేసే పరికరం ఉంటుంది. ఆదేశపు చిరునామాని, లోపల విషయాన్ని డికోడ్ చేసి ఆ పరికరం ఆయా భాగాలకి పంపుతుంది. దాని ప్రకారం ఆయా భాగాలు లూనాఖోద్ వేగాన్ని పెంచడమో, తగ్గించడమో, లూనాఖోద్ పైకి ఎగ్రబాకడమో, కిందకో, పక్కకో తిరగడమో చేసేలా చూస్తాయి.

శతాబ్దారంభంలో అదంతా ఒక అద్భుతమైన విషయం అనిపించివుండేది. దైనందిన జీవితంలో ఎన్ని అద్భుతాలు జరుగుతున్నాయో నేడు మనమందరం చూస్తూనే ఉన్నాం. ఆ అద్భుతాలేవీ మంత్రాలతోనో, మాయా దండాలతోనో, అద్భుత దీపంతోనో, బంగారు చేపమూలంగానో జరగడం లేదు. అద్భుతాలని మనిషే సాధిస్తున్నాడు: శాస్త్రవేత్తలు, ఇంజనీర్లు, టెక్నాలజిస్టులు, నిపుణులు, కార్మికులు అతి సూక్ష్మమైన అంశాలని పరిశోధిస్తూ, తెలుసుకుంటూ, ఉపయోగిస్తూ ఎలక్ట్రానిక్ యూనిట్లని, పరికరాలని తయారుచేస్తున్నారు.

అయితే ఒకోసారి విజ్ఞానశాస్త్రం, ఇంజనీరింగుల ఊహలు అతి సాహసవంతమైన ఊహాకల్పనని, కలల్ని మించి వుంటూంటాయని ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి మనకి చెప్తోంది.

1986వ సంవత్సరం మార్చి 6, 9వ తారీఖుల్లో 'వేగ – 1', 'వేగ – 2' అనే అంతరిక్ష కేంద్రాలు హేలీ తోకచుక్క కేంద్రానికి సుమారు తొమ్మిది వేల కిలోమీటర్ల దాకా సమీపించాయి. అక్కడ నుంచి అవి 170 మిలియన్ల దూరంలో వున్న భూకేంద్రానికి తోకచుక్క కేంద్రకం గురించిన సమాచారాన్ని ప్రసారంచేశాయి.

ఊహకందని పరిమాణాలతో జరిగిన ఈ అద్భుత ప్రయోగంలో 'వేగ – 1', 'వేగ – 2' లతో భూమి మీదనుంచి 400 సార్లు వార్తా సంబంధాలని ఏర్పరచుకోవడం జరిగింది. అలాగే వేర్వేరు ఆదేశాలని సుమారు 14 వేల దాకా వాటికి పంపారు. ఆవిధంగా అంతరిక్ష సాంకేతిక పరిజ్ఞానం, ఎలక్ట్రానిక్స్‌ల సహాయంతో మానవజాతి చరిత్ర మొత్తంలో ఎన్నోసార్లు భూవాసులకి దర్శనమిచ్చి ఎన్నో కాల్పనిక గాథలకి భవిష్యత్తుని గురించిన జోస్యాలకి కారణమైన 'హాలీ' తోకచుక్కని గురించిన సమాచారాన్ని బాగా తెలుసుకోవడం సంభవమైంది.

దీనికి ముందు 1910వ సంవత్సరంలో భూవాసులకి హాలీ తోకచుక్క దర్శనమిచ్చింది. ముఖ్యంగా ఆ సంవత్సరంలో తోకచుక్క భూమికి బాగా దగ్గరగా వచ్చింది. దాని ఆకారం కూడా నిజంగా ఏదో కీడుని కలిగించే దుష్ట శక్తిలాగే అనిపించింది. అదే సమయంలో మొదటి ప్రపంచయుద్ధపు ఛాయలు ప్రపంచాన్ని అలుముకుంటున్నాయి. క్రైస్తవ మతగ్రంథంలో పేర్కొనబడిన ప్రపంచ ప్రళయం సంభవించబోతోందన్న భావం వ్యాపించింది. వాటిని ఖండిస్తూ విజ్ఞానశాస్త్రం ఆరోజుల్లో భూమిని తోకచుక్క ఎప్పుడు సమీపిస్తుందో తెలిపే సైద్ధాంతిక లెక్కలను మాత్రమే ఇవ్వగలిగింది.

'వేగ – 1', 'వేగ – 2' అంతరిక్ష కేంద్రాల సహాయంతో జరిగిన శాస్త్రీయ ప్రయోగం తోకచుట్టూ ఉన్న మాయని పటాపంచలు చేసింది. తోకచుక్క పుట్టుక గురించి, దాని రాక గురించి ఉన్న ఎన్నో అద్భుత ఊహాగానాల స్థానంలో ఆధునిక అంతరిక్ష సాంకేతిక పరిజ్ఞానం ఇంకా అద్భుతమైన విషయాలని మనకందించింది. కొన్ని దశాబ్దాల క్రితందాకా నిగూఢ విషయాలతో కూడుకుని సమీపించడానికి అసంభవమైన ఆ తోకచుక్కని విజ్ఞానశాస్త్రం చాలా దగ్గరగా అధ్యయనం చేసింది.

అంతరిక్షాన్ని పరిశోధించే ప్రతీ దశా ఏదో ఒక ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థని ఉపయోగించడం మీదే ఆధారపడివుంటుంది. ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాల సహాయంతోనే రాకెట్లు, అంతరిక్ష నౌకల యూనిట్లు, భాగాల రూపకల్పన జరుగుతోంది. వాటిలో చర్యల నమూనాలు పరిశోధించబడి ఆధునీకరించబడుతున్నాయి. జరగబోయే అంతరిక్ష యాత్రల ప్రాక్షేపిక మార్గాలు లెక్కగట్టబడుతున్నాయి. మార్గమధ్యంలో అవసరమైన మార్పులు చేయబడుతున్నాయి.

అంతరిక్ష నౌకలతో భూమికి సంబంధాలు నిరంతరాయంగా వుండేలా చేయడంకోసం, ''నిశ్శబ్ద మండలాలు'' అనేవి లేకుండా చేయడంకోసం భూమిమీద అంతా ఎన్నో వ్యవస్థలని ఏర్పాటు చేయాల్సివచ్చింది. కొన్ని కేంద్రాలని సోవియట్ యూనియన్‌లోనూ, కొన్నిటిని కెనడాకి తూర్పున వున్న తీరాలలోని నౌకల మీదా, ఆఫ్రికా సముద్ర తీరాలలోనూ (డాకార్‌కి ఇంకా దక్షిణంగా), జిబ్రాల్టర్ అఖాత ప్రాంతంలోనూ వాటిని నెలకొల్పారు.

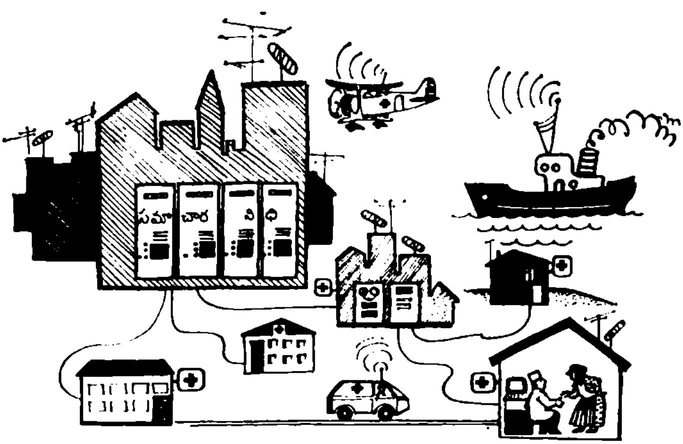
ఈ బ్రహ్మాండమైన వ్యవస్థలోని అన్ని కేంద్రాలూ అంతరిక్ష నౌకలోనే కాకుండా ఒక దానితో మరొకటి కూడా సంబంధాలని కలిగివుంటాయి. ఆ కేంద్రాలకి అందే సమాచారమంతా కలిపికట్టుగా కంప్యూటర్ సహాయంతో ప్రోసెస్ చేయబడుతుంది.

* * *

ఎలక్ట్రానిక్స్ సాధించిన ప్రధాన విజయాల్లో భావి శాస్త్ర-సాంకేతిక అభివృద్ధిని నిర్ణయించే కృత్రిమ మెమొరీ వ్యవస్థని సృష్టించడం ఒకటిగా పేర్కొనవచ్చు. ఆ కృత్రిమ మెమొరీ వ్యవస్థలు ఎంత సమాచారాన్ని తమలో ఇముడ్చుకోగలవంటే, అది ఏ ఒక్క వ్యక్తికీ తన బుర్రలో ఇముడ్చుకోడానికి సాధ్యంకాదు.

మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి చెందుతున్న కొద్దీ ఎలక్ట్రానిక్ మెమొరీ ఇంకా ఇంకా పెద్దదవసాగింది. ఉదాహరణకి, ఒక్క గాలియం ఆర్సెనైడ్ స్ఫటికం మీద బైనరీ కోడ్‌కి చెందిన 100 మిలియన్ల సంజ్ఞల (100 మెగాబిట్‌ల) దాకా నిల్వవుంచుకోగలిగే ఇంటిగ్రేటెడ్ సర్క్యూట్‌ని సృష్టించడం వీలవుతోంది. 1995వ సంవత్సరానికల్లా అటువంటి స్ఫటికాలు 10 మిలియార్డుల దాకా విడుదల చేయబడతాయని భావిస్తున్నారు. వాటన్నిటి మెమొరీలనీ కలిపితే, అది ఇప్పటిదాకా మానవజాతిచేత రాయబడిన పుస్తకాల్లోని సమాచారాన్నంతటినీ తనలో ఇముడ్చుకోగలదు.

మెమొరీకి చెందిన అటువంటి భారీ నిల్వలని హేతుబద్ధంగా ఎలా వాడుకోవాలో అనే సమస్యని పరిష్కరించడానికి శాస్త్రీయ, ఇంజనీరింగు వ్యవస్థీకరణకి సంబంధించిన సమస్యలనెన్నింటినో పరిష్కరించాలి. మెమొరీలో ఏ సమాచారాన్ని ఉంచాలి? ఆ మహా సముద్రంలో ఏదెక్కడుందో ఎలా తెలుసుకోవడం? సరిగ్గా ఆ క్షణంలో అవసరమైన



సమాచారాన్నే ఎలా వెతికి పట్టుకోవడం? ఏ రకం సమాచారం అనే దానిమీద ఆధారపడి వర్గీకరిస్తూ ఆ తర్వాత ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల మెమొరీలో నిల్వచేయడంకోసం కోడ్ రూపంలో మార్చబడే విలువల విధులని రూపొందించే క్రమంలో పై సమస్యల వన్నిం టినీ పరిష్కరించాల్సి వచ్చింది.

అందరి సహకారంతో కూడిన జ్ఞానం ప్రతి వ్యక్తీ ఉపయోగించుకునేలా అతనికి అందుబాటులో ఉండటంకోసం ఎలక్ట్రానిక్స్ కొత్త సాధనాలని – వ్యక్తిగత కంప్యూ టర్లని కనిపెట్టింది. మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్స్ సాధించిన విజయాల మూలంగా కంప్యూ టర్లు చిన్న పెట్టెలా ఉండేలా వాటి పరిమాణం తగ్గడమే కాకుండా వాటి ధరా తగ్గింది, పనిలో వాటి విశ్వసనీయత పెరిగింది. అలాగే రేడియో, టెలివిజన్, టేప్‌రికార్డర్ల లాగా కంప్యూటర్ కూడా అందరికీ అందుబాటులోకి వచ్చేలా చేయడం సంభవమయింది.

కంప్యూటర్ సాంకేతిక విజ్ఞానంలోని విజయాలు ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలతో సమా చారాన్ని ప్రాసెస్ చేయడంలో ఎన్ని భారీ అవకాశాలున్నాయో చూపించాయి. 50 దశకంలో మొదటి కంప్యూటర్ తయారవగానే సమాచార రంగంలో విప్లవం వచ్చిందని అనుకున్నారు. అయితే ఇప్పుడిప్పుడే ఈ రంగంలో అసలు విప్లవం అంటే ఏమిటో అర్థ మవుతోంది. వ్యక్తిగత కంప్యూటర్లు రూపొందించబడకముందు కంప్యూటర్ రంగంలో సాధించబడినదాన్నంతా నేటి విజయాలతో పోల్చుకుంటే విప్లవమనలేం. అసలైన విప్ల వానికి అది నాందీ ప్రస్తావన మాత్రమే. సమాచార రంగంలో అసలైన విప్లవం ఇప్పుడే మొదలైంది. రానున్న సంవత్సరాల్లో కన్‌స్ట్రక్టరు, టెక్నాలజిస్టు, ప్లానరు, అకౌంటెంటు, టీచరు, డాక్టరు, మొదలైనవారు పనిచేసే స్థానాల్లో వ్యక్తిగత కంప్యూటర్లు ఉంటాయి.

అటువంటి ప్రతి కంప్యూటరూ స్వంత కార్యక్రమాలని అనుసరిస్తూ పనిచేయ గలదు, లేక ఏదైనా ప్రత్యేకమైన సమాచారం కావల్సివచ్చినప్పుడు దాన్ని సమాచార నిధికి కలపడం ద్వారా కూడా అది పనిచేయగలదు. కావల్సిన సమాచారం అంతటినీ పొందడా నికీ, అవసరమైన లెక్కలని వేయడానికీ, భౌతిక, సాంకేతిక, జీవ, ఆర్థిక, సామాజిక సంస్థల నమూనాలని నిర్మించడంలోనూ, పరిశోధించడంలోనూ అన్ని శాఖలకి చెందిన నిపుణుల ముందూ ఎన్నో అవకాశాలు తలెత్తాయి.

ఆ అవకాశాలకి నిజంగానే అసలు అంతం అంటూ లేదు. అయితే ఆ కన్‌స్ట్రక్టర్లు, టెక్నాలజిస్టులు, ప్లానర్లు, అకౌంటెంట్లు, టీచర్లు, డాక్టర్లు స్వంత కంప్యూట ర్లని ఉపయోగించుకోడానికి తయారుగా వున్నారా? దురదృష్టవశాత్తూ ఇంకా తయా రుగా లేరు. సార్వత్రిక విద్యాభ్యాసంలో కంప్యూటర్ల గురించి బోధించడం కూడా సామా జిక సమస్యల వరుసకే చెందుతుంది. అయితే ఈ సమస్యా పరిష్కారంలో కూడా ఎలక్ట్రా నిక్స్ లేనిదే పని జరగదు.

సమాజాన్నంతా కంప్యూటరీకరించడమనే సమస్యని రెండు భిన్నమైన మార్గాల్లో పరిష్కరించవచ్చు. వాడకందారుని దగ్గరికి కంప్యూటర్‌ని తీసుకురావడం ఒక మార్గమైతే కంప్యూటర్ దగ్గరికి వాడకందారుని తీసుకురావడం రెండో మార్గం. రెండో మార్గం ప్రకారం అయితే వాడకందారునికి కంప్యూటర్‌ని ఉపయోగించడం ఎలాగో నేర్పడం, ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాల తర్కానికి సరిపోయే అల్గొరిథ్ములుగా సమస్యని మార్చడం నేర్పడం జరుగుతుంది. దానికి కంప్యూటర్ భాషని తెలుసుకోవడం నేర్చుకోవాలి. దత్తాంశాల బాంక్‌లోకి సమాచారాన్ని ఉంచడం తీయడం, కంప్యూటర్‌ని వాడడంలోని కొత్త పద్ధతులని, మెళుకువలని తెలుసుకోవాలి. అప్పుడు సమాచారాన్ని ఏ క్షణంలో కావాలంటే ఆ క్షణంలో అందించే వీలైన సాధనంగా ఉంటుంది కంప్యూటర్. పైన పేర్కొన్న కొత్త పద్ధతుల గురించి తెలుసుకోవడం ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల ద్వారా మాత్రమే సాధ్యం. అందుకనే ఉపాధ్యాయుడి బాధ్యతని కంప్యూటర్లే తీసుకుంటాయి. ఎంతో అనుభవం వున్న ఉపాధ్యాయుడికి ఏమాత్రం తీసిపోకుండా కంప్యూటర్ ఆ బాధ్యతలని నిర్వహించగలదు. కంప్యూటర్ గురించి తెలుసుకుంటూ, మెళుకువలని సరిగ్గా అర్థం చేసుకున్నదీ లేనిదీ వెంటనే కంప్యూటర్ మీద ప్రయోగం చేసి పరిచూసుకోవచ్చు. ఆ ప్రోగ్రాములని, సేవా సదుపాయాల ప్రోగ్రాములని ఎందుకన్నామంటే, అవి ఎన్నో రకాల నిపుణులకి సేవచేస్తాయి. ఉదాహరణకి, అకౌంటింగ్ లెక్కలకి సంబంధించిన సమస్యలని పరిష్కరించడంలో కంప్యూటర్‌ని వాడేటప్పుడు ''అనువాదక ప్రోగ్రాములని'' రూపొందించాలి. అవి 'సోల్డ్', 'బుల్డ్', 'డెబిట్', 'క్రెడిట్' లాంటి పదాలని యంత్రానికి అర్థమయే కోడ్ రూపంలో తర్జుమా చేస్తాయి. అలాగే కన్‌స్ట్రక్టర్‌కి సహాయం చేసే కంప్యూటర్‌కి అతి సాధారణ పదాలు అర్థమయేలా అనువాదక ప్రోగ్రాములని అమర్చాలి. అలాగే టెక్నాలజిస్టుల దగ్గరుండే కంప్యూటర్‌కి సాంకేతిక పదాలని తర్జుమా చేసే అనువాదక ప్రోగ్రాములు ఉండాలి. డాక్టరు కంప్యూటర్‌కి వైద్యానికి చెందిన పదజాలాన్ని అనువదించే అనువాదక ప్రోగ్రాములు ఉండాలి. ఉచ్చరించబడిన పదాలని వెంట వెంటనే యంత్రానికి అర్థమయే కోడ్‌గా మార్చే అనువాదక ప్రోగ్రాములుంటే మరీ వీలుగా ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి, ప్రోగ్రామింగ్‌కి చెందిన నిపుణుల సమిష్టి కృషి ఫలితంగా ఇన్‌పుట్ సాధనాలు (ఇంటలెక్చ్యువల్ టెర్మినల్‌లు) రూపొందించబడ్డాయి. వాటి సహాయంతో కంప్యూటర్ మనిషి పలికిన పలుకుని గుర్తుపట్టగలుగుతుంది. కానైతే అవి ఈ విషయంలో మనిషితో పోటీకి రాలేవు. ఎందుకంటే ఒకే పదాన్ని పురుషుడు, స్త్రీ పలికినట్లయితే అవి వేర్వేరు పదాలుగా ఆ సాధనం భావిస్తుంది.

దానికి కారణం, తన స్పెక్ట్రమ్‌లలో వుండే ధ్వని పౌనఃపున్యాలలోని తేడాల ప్రకారం

ఆ ఇన్‌పుట్ సాధనం పదాలని గుర్తుపడుతుంది. స్పెక్ట్రమ్‌లలోని సంఘటన పలికిన పలుకు మీద మాత్రమే కాకుండా ధ్వని రెజిస్టర్ మీదా, ధ్వని కంపన స్వరూపం మీదా, ధ్వని నాదం మీదా ఆధారపడి ఉంటుంది. అంటే పదాన్ని పలికిన వ్యక్తి గొంతు మీద ఆధారపడి ఉంటుందన్నమాట. అందుకనే పదజాలం ఇన్‌పుట్‌ని ఉపయోగించే ముందు దానికి పూర్తి కోర్సు విద్యాబోధన చేయాలి. వాడకందారు ముందు ముందు కంప్యూటర్‌ని ఉపయోగించబోయేటప్పుడు కావల్సిన పదాలన్నింటినీ పైకి పలకాలి. అప్పుడు కంప్యూటర్ స్పెక్ట్రమ్‌లలోని తేడాలని గుర్తించాలి. ఆ తర్వాత కంప్యూటర్ అదే వాడకందారు పలికిన పలుకులని గుర్తించగలదు. భారీ సంఖ్యలో వుండే ఆ తేడాలన్నింటినీ గుర్తు పెట్టుకోవడాన్ని చాలా పెద్ద మెమొరీ కావాలి కాబట్టి పైన చెప్పుకున్న టెర్మినల్‌లోని నిఘంటువు నిల్వలో 200–300 మించి పదాలుండవు.

పదజాలం టెర్మినల్‌ని ఉపయోగించేవారు ఇంకో ఇబ్బందిని కూడా ఎదుర్కోవాల్సి ఉంటుంది. పదం తెలిసినదైనా మాటల ప్రవాహంలో దాన్ని టెర్మినల్ గుర్తించలేదు. కాబట్టి అటువంటి టెర్మినల్‌తో పనిచేసేటప్పుడు దాని నిఘంటువు మెమొరీలో ఉంచబడిన 200 పదాల్లో ప్రతిదాన్నీ విడివిడిగా స్పష్టంగా పలకాలి.

అదే మనిషి రకరకాల గొంతులని ఎలా గుర్తుపడతాడో పోలిస్తే టెర్మినల్‌కున్న అవకాశాలు అతి స్వల్పమనే చెప్పుకోవాలి. కీచు గొంతుతో మాట్లాడా, బొంగురు గొంతుతో మాట్లాడా అనేదానితో సంబంధం లేకుండా ధారాళంగా మనిషి మాట్లాడినా వేల మాటలని గుర్తుపట్టడం, గుర్తుంచుకోవడం మనిషికి ఎలా సాధ్యపడుతోంది? బహు భాషా పండితులు తమ జ్ఞాపక నిఘంటువులోని పదాల నిల్వలని ఎన్నో రెట్లు ఎలా పెంచుకోగలుగుతున్నారు. వేర్వేరు భాషల్లో ఉచ్చరించబడిన ఆ పదాలని ఎలా గుర్తుపట్టగలుగుతారు?

వేర్వేరు ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌ల ద్వారా ప్రత్యేకమైన ప్రోగ్రాముల ద్వారా మనుష్యుల సంభాషణలని వేర్వేరు పద్ధతుల్లో ప్రోసెస్ చేస్తూ పై సమస్యలకి జవాబులని వెతుకుతోంది విజ్ఞానశాస్త్రం. ప్రతిబింబాలని గుర్తించడమనే పెద్ద సమస్యలో ఒక భాగంగా ఉంటాయి ఈ సమస్యలు. చుట్టూ వున్న వస్తువులని రోబట్లు గుర్తుపట్టేలా చేయడం ఎలా అన్న సమస్యను చర్చించినప్పుడు ఆ సమస్యలని పరిశీలించాం. ఇంతకుముందు మనం చెప్పుకున్నది కంటికగుపడే ప్రతిబింబాల గురించి అయితే ప్రస్తుతం ధ్వని ప్రతిబింబాల (పదాల) గురించి చెప్పుకుంటున్నాం. ఏదైనా పదాన్ని గుర్తుపట్టడం అనేది ముఖ్యంగా ఒక విషయం మీద ఆధారపడివుంటుంది. ప్రధానమైన గుర్తులని అప్రధానమైన గుర్తుల నుంచి (రెజిస్టర్, కంపనాల స్వరూపం, ధ్వని నాదం) ఎలా వేరుచేయడమనేదే ఆ విషయం. అందరికీ సాధారణమైన గుర్తులు ఎన్నో వున్నా

ఎంతోమంది వ్యక్తుల ముఖాల్లోనుంచి మనకి తెలిసిన వ్యక్తి ముఖాన్ని అతనికి మాత్రమే చెందిన గుర్తులద్వారా గుర్తుపట్టడం సరిగ్గా అలాగే జరుగుతోంది.

వ్యక్తులని, వస్తువులని మానవుని మెదడు ఎలా గుర్తించగలుగుతోందో అనే విషయాన్ని తెలుసు కోవడానికి జరుగుతున్న అధ్యయనం, ఆ పనికోసం సాంకేతిక పరికరాలని సృష్టించడంలో ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి, కంప్యూటర్‌కి సహాయపడుతుంది.

మాటల టెర్మినల్‌లని రూపొందించడమనేది, కంప్యూటర్ ప్రొసెస్ చేసే సమాచారాన్ని లోపలవుంచే వ్యవస్థలని అధునీకరించడంలో ఒక భాగంగా ఉంది. అలాగే కంప్యూటర్ ప్రొసెస్ చేసిన సమాచారాన్ని బయటకి తీసి వేర్వేరు సందర్భాల్లో వీలైన రూపాల్లో (అక్షర రూపంలో, సంఖ్యా రూపంలో, గ్రాఫ్ రూపంలో, ధ్వని రూపంలో) ఉపయోగించుకునేలా చేయడమనే సమస్య కూడా ఎంతో ముఖ్యమైనదే.

కంప్యూటర్‌తో కంట్రోలు చేయబడే డిస్‌ప్లేలు, ఆటోమేటిక్ ముద్రణా యంత్రాలు, ప్రత్యేకమైన అక్షర – సంఖ్యా సాధనాలు మొదలైనవాటి సహాయంతో పొందిన విలువలని అక్షర – సంఖ్యా రూపంలో చూపించడమనే పద్ధతి ఎంతో ప్రచారంలో వుంది.

అక్షర – సంఖ్యా డిస్‌ప్లేలని, గ్రాఫిక్ డిస్‌ప్లేలని రూపొందించడంలో డిస్‌ప్లే పద్ధతికి ఎలక్ట్రానిక్స్ దగ్గర్నుంచి కొత్త రకం కేథోడ్-రే గొట్టాల అవసరం వచ్చింది. టెలివిజన్ తెరల మీద చిత్రం సెకనులో కొన్ని వందల వంతు కాలంపాటు మాత్రమే నిలిచివుంటుంది. అంతకుమించి ఎక్కువ కాలంపాటు చిత్రం నిలిచి వుండటం (దీన్నే స్క్రీన్ పెర్‌పెస్టెన్స్ అంటారు) మంచిది కాదు. ఎందుకంటే సెకనులో 1/25 వంతు కాలంలో ప్రసారం చేయబడుతున్న చిత్రాలు అప్పుడు ఒకదాని మీద మరొకటి పేరుకుపోతాయి. కదులుతూన్న చిత్రాలన్నీ తెరమీద అలుక్కుపోతాయి. అప్పుడు కద లకుండా స్థిరంగా వున్న చిత్రం తప్పించి దేన్నీ ప్రసారం చేయడం సాధ్యపడేది కాదు.

డిస్‌ప్లే వ్యవహారం వేరేగా ఉంటుంది. తెరనంతా ఆక్రమించివున్న డిజైనునో, గ్రాఫునో, పాఠాన్నో చదవడానికి కొన్ని సెకనుల కాలం పట్టవచ్చు. దానికోసం తెర మీద చిత్రం నిలిచివుండే కాలాన్ని పదుల సెకన్ల దాకా పెంచడం కోసం ప్రత్యేకమైన సంఘటన గల పదార్థాన్ని తెర మీద పూస్తారు. అయితే ఇక్కడ ఇంకో కొత్త సమస్య తలెత్తింది. అటువంటి డిస్‌ప్లే గుండా బొమ్మల్లో, గ్రాఫుల్లో, డిజైనుల్లో, పాఠాల్లో ఏమన్నా మార్పులూ చేర్పులూ చేయాల్సివస్తే పరిదిద్దాల్సిన గీతల్నీ, సంఖ్యల్నీ లేక అక్షరాలనీ చెరపడానికి పదుల సెకనులు అవసరమయేవి. అటువంటి సందర్భాల్లో "స్క్రీన్ పెర్‌పెస్టెన్స్" తక్కువగా వుండాలి. డిస్‌ప్లే తెర మీద చిత్రం ఎక్కువ కాలంపాటు నిలిచివుండాలంటే డేటా అవుట్‌పుట్‌ని శాశ్వత మెమొరీ వ్యవస్థ నుంచి (టేపులు, డిస్కులు) తాత్కాలిక మెమొరీకి (ఆన్ లైన్ మెమొరీ) మార్చాల్సివస్తుంది.

అప్పుడు అది తెర మీద పరుగెత్తే కిరణపుంజాన్ని కంట్రోలు చేస్తుంది. పుంజం తెరమీది గ్రావుని, పాఠాన్ని తిరిగి తిరిగి చూపిస్తుంది.

గ్రాఫీయ డేటా – అవుట్‌పుట్ వ్యవస్థలని ఆధునీకరించడంలో ఇంకా పెద్ద ఇబ్బందులు ఎదురవుతున్నాయి. ఈ దిశలో జరిగిన కృషిలోని తొలి దశల్లో యాంత్రిక గ్రావులు ఆటోమేటిక్‌గా కంట్రోలు చేయబడే పెన్నులతో గీయబడేవి. తర్వాత గ్రాఫీయ డిస్ప్లేలు రూపొందించబడ్డాయి. వీటిలో, సరిగ్గా టెలివిజన్‌లో లాగానే తెరమీద ఒకదాని తర్వాత ఇంకోటి పరిగెత్తే కిరణపుంజాల వలన చిత్రం ఏర్పడుతుంది. కిరణ పుంజపు ద్యుతిని ప్రోగ్రామ్ ద్వారా కంట్రోలు చేయవచ్చు. గ్రాఫీయ డిస్ప్లే సహాయంతో గ్రావులని, డిజైనులనే కాకుండా రకరకాల రంగుల్లో వుండే వాస్తుశాస్త్ర కట్టడాలని, ఇళ్లలోపలి అలంకరణలని, కార్టూను సినిమా సీనులని, స్ఫటికాల, కణజాలపు సజీవ కణాల చిత్రాలని మొదలైన వాటినన్నిటినీ రూపొందించవచ్చు. యాంత్రిక గ్రావులు అభివృద్ధి చెందుతున్నకొద్దీ వేర్వేరు కార్యాలకి ఉద్దేశించబడిన ప్రోగ్రాములని రూపొందించడంలోని సమస్యలు పరిష్కారమవసాగాయి. ఉదాహరణకి, తెరమీద వున్న చిత్రాల మీద వేరే చిత్రాల నీడలు పడడానికి సంబంధించిన ప్రోగ్రాములని తీసుకుందాం. అందులోనూ కాంతి జనకాల స్థానాలని బట్టి పడే నీడలు కూడా మారుతూంటాయి.

ప్రస్తుతానికి యాంత్రిక గ్రావు ఎటువంటి ఉన్నత స్థాయికి వెళ్లిందంటే డిస్ప్లే తెరమీద చూపించబడే వస్తువు కూర్పుని కూడా సృష్టించగలదు. దానికోసం డిస్ప్లే తెరమీద పరిగెత్తే పుంజపు ద్యుతి ద్వారా కంట్రోలు చేయబడే సంకేతానికి నిర్ణీత పరిమాణంలో ధ్వనులని జోడిస్తారు. ఆ ధ్వనుల తీవ్రత, స్వభావాలమీద ఆధారపడి తెరమీద చూపబడే ఉపరితలం సచ్ఛిద్రమైన (పోరస్) వారింబపందు తొక్క ఉపరిత లంగావో లేక బోడిపెలుగా ఉన్న చెట్టు బెరడుగావో, ఉంగరాలు తిరిగిన గొర్రె బొచ్చు గానో మారుతుంది. వేర్వేరు రంగుల ఛాయలని కలుపుతూ కంట్రోలు చేయడం ద్వారా లోపలి దృశ్యాలు, ప్రాంతాల ఉపరితల దృశ్యాలు, జీవులు, వస్తువులు, కార్టూను చిత్రాలు మొదలైనవి ఎంతో సహజంగా వుండేలా చేయడం సాధ్యమవుతోంది.

ఆధునిక కంప్యూటర్ల తెలివితేటలు ఇంకా రానురాను పెరుగుతున్నకొద్దీ వాటి కృత్రిమ (ఎలక్ట్రానిక్) మేధస్సుని సహజ (మానవ) మేధస్సుతో మళ్లీ మళ్లీ పోల్చడం జరుగుతోంది. ఎన్నో రంగాల్లో కంప్యూటర్ పద్ధతులు మానవ మేధస్సుతో పోటీకి వస్తున్నాయి. ముఖ్యంగా మేధస్సుకి సంబంధించి ఉన్నత స్థాయి అయిన సృజనాత్మక కళా ప్రక్రియల్లో అది కానవస్తోంది.

అయితే కళాత్మక సృష్టిలో ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని ఉపయోగించడంతో ఎలక్ట్రానిక్స్ పని అయిపోలేదు. ఎన్నో రకాల ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలని ఉపయోగించడం ద్వారా

శాస్త్రజ్ఞుల, ఇంజనీర్ల సృజనాత్మక ప్రక్రియల స్వభావంలో సమూలమైన మార్పు వచ్చేసింది. వాటి సహాయంతో ఎన్నో రకాల పరామితులని కొలవడం, సహజమైన, సాంకేతిక వ్యవస్థల విశ్లేషణ, సంశ్లేషణలని చేయడం శాస్త్రవేత్తలకి సాధ్యపడుతోంది.

కళలకి సంబంధించిన ఎన్నో రంగాలమీద ఎలక్ట్రానిక్స్ ప్రభావం ఎంతగానో ఉంది. ఉదాహరణకి, ప్రజల ఆర్టిస్టు ఎమ్. కజకోవ్ టెలివిజన్‌పై మాట్లాడుతూ ఇలా అన్నాడు: ''సినిమా, డ్రామా అనే రెండు రకాల కళలూ కలవగా ఏర్పడిందే టెలివిజన్ కళ. అయితే టెలివిజన్ అనేది సినిమా కాదు, డ్రామానూ కాదు.''

కొత్త రకం సంగీత పోకడలని గురించి కూడా అదే విషయం చెప్పకోవచ్చు. అవన్నీ కూడా ఎలక్ట్రానిక్ సింథెసైజర్ల మొత్తం ఆర్కెస్ట్రా అంతా వుండే కొత్త రకం సంగీత వాయిద్యాల మూలంగా ఏర్పడినవే. సింథెసైజర్ పైప్‌లాగా మోగగలదు, ఆర్గన్ లాగానూ మోగగలదు, ఫిడేలు లాగానూ మోగగలదు అంతే కాకుండా ఇంతకు ముసుపు ఏ వాయిద్యమూ ఎన్నడూ మోగని విధంగానూ మోగగలదు.

సింథెసైజర్లలో ఉపయోగించబడే ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లు పౌనఃపున్యాల రీత్యా, తీవ్రత రీత్యా భిన్నమైన ధ్వని సంకేతాలని ఉత్పత్తి చేయగలవు. వాటిని వేర్వేరు భాగాల్లో కలపడం ద్వారా మృదు మధురపు పైపు వాయిద్యమైన ధ్వనిని, పెద్ద వాక పైరమని, అలాగే సుదూరపు నక్షత్ర ప్రపంచాల కదలికలని గుర్తుకు తెచ్చే ధ్వనులని సృష్టించవచ్చు.

ఆర్గన్, పియానో, ఫిడేలు మొదలైన వాయిద్యాల లాగానే సింథెసైజర్ కూడా ఒక సంగీత వాయిద్యంగా స్థిరపడిపోయింది. ఆర్కెస్ట్రాలోని అన్ని వాయిద్యాలకి బదులుగా సింథెసైజర్ మోగగలుగుతుంది. ఇక దానికి కంప్యూటర్ తోడైతే అది పెద్ద సంగీత కచేరీయే అవుతుంది.

సంగీత స్వర కర్త తను సృష్టించిన సంగీతం ఏ ఏ వాయిద్యంతో ఎలా వినిపిస్తుందో వినాలనుకున్నాడనుకుందాం. దానికోసం ఎలక్ట్రో ఆర్గన్ ''మీటుల'' సహాయంతో సంగీతాన్ని కంప్యూటర్ మెమొరీలో ఉంచుతూ, తర్వాత కంప్యూటర్‌కి వరుసగా ఫిడేలు మీద, ఫ్లూటు మీద ఆ సంగీతం ఎలా మోగుతుందో చూపెట్టమని ఆదేశాలని ఇచ్చేస్తే చాలు. ఆ తర్వాత నేపథ్యంలో ఫిడేళ్లు మోగుతుంటే ఫ్లూటు వాయిద్యం వినవచ్చు. ఫిడేలు మోతని తగ్గించి ఫ్లూటు ఇంకా గట్టిగా మోగేలా చేయవచ్చు. నచ్చిన సంగీత సమ్మేళనాన్ని మెమొరీలో ఉంచవచ్చు. వాటికి కొత్త వాయిద్యాల ధ్వనులని జత చేయవచ్చు. అవిధంగా చివరికి ఎన్నో సంగీత వాయిద్యాలతో కూడిన ఒక పెద్ద సంగీత కచేరీనే సిద్ధంచేయవచ్చు. పైన చెప్పకున్నదాన్నంతా చదివితే ఇదేదో కష్టమైన పిండి వంటకం తయారీలా ఉందనిపించడం లేదూ? అయితే వంటవాడితో పోలిస్తే సంగీత

స్వరకర్తకి ఒక మంచి వీలుంది. సంగీత స్వర కల్పనలో కావల్సినప్పుడు సంగీతకర్త ఏ రకం మార్పులైనా చేయగలడు. అవి నచ్చకపోతే మొదటి రూపానికే తిరిగి రాగలడు. అయితే వంటవాడికి ఆ అవకాశం లేదు. పొరబాటున ఉప్పో, కారమో ఎక్కువ వేశాడంటే మరింక సరిదిద్దడానికి అవకాశం అంటూ వుండదు.

సంగీతకర్త సృజనాత్మక కృషి కంప్యూటర్ మూలంగా మరీ తేలికైపోతుందా అనే ప్రశ్న ఇక్కడ తలెత్తుతుంది. కళ కాస్తా చేతిపని అయిపోదా అనిపిస్తుంది.

అయితే ఎంతవరకు తను స్వంతంగా రూపకల్పన చేస్తాడో, ఎలక్ట్రానిక్ పరికరం మీద ఎంత వరకు ఆధారపడతాడో అనేదంతా సంగీతకర్త మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. రుచిగా వంటచేయాలంటే వంటవాడు పదార్థాలని, సుగంధ ద్రవ్యాలని ఊహించి వేస్తే సరిపోదుకదా! అనుభవం, ఊహ, కల్పనాశక్తి అలా ఎన్నో గుణాలున్నప్పుడే వంటకం రుచికరంగా తయారవుతుంది. ఇక్కడే కాదు, ఏ కళకి చెందిన సృజనాత్మక కృషిలో నైనా అవన్నీ అవసరం. ఏ కంప్యూటరైనా మానవ ప్రజ్ఞ ముందు బలాదూరే. మనిషి ప్రమేయం లేకుండా ఎలక్ట్రానిక్-సంగీత స్వరకర్త ఎప్పటికీ సంగీతాన్ని సృష్టించలేదు. ఎందుకంటే దానికి ఊహాశక్తి వుండదు. అది అనుకరించగలదంతే. మనిషి సృష్టించ గలిగినదాన్ని కంప్యూటర్ ఏనాడూ సృష్టించలేదు.

* * *

కంప్యూటర్‌ని వైద్యంలో ఉపయోగించడం ఎంతో బాధ్యతాయుతమైన పని. ఎందుకంటే సంగీతకర్త కంప్యూటర్‌ని సరిగ్గా ఉపయోగించుకోకపోతే మహాఅయితే ఇంకో చెడ్డ సంగీతం తయారవుతుంది. అదే రోగ నిర్ణయంలో కంప్యూటర్‌ని ఉపయోగించేటప్పుడు వ్యవహారం ఇంకోలా ఉంటుంది. ఇక్కడ జరిగే ప్రతీ పొరబాటుకీ మనిషి ఆరోగ్యం క్షీణించడమో, ఒకోసారి ప్రాణమే పోవడమో జరగవచ్చు.

మనిషి ఆరోగ్యాన్ని కంప్యూటర్ చేతిలో ఉంచవచ్చా? కంప్యూటర్ చేసే రోగ నిర్ణయాన్ని, రోగ చికిత్సకి అది సూచించే మందులని నమ్మవచ్చా?

రోగ లక్షణాలని గుర్తించుకోవడంలో కంప్యూటర్‌తో ఎంత అనుభవం వున్న వైద్యుడైనా పోటీకి రాలేడనే విషయం స్పష్టం. అలాగే రోగ నిర్ణయానికి అవసరమైన కార్డియోగ్రామ్‌లు, ఎన్సెఫలోగ్రామ్‌లు మొదలైన విషయాలన్నింటికి సంబంధించిన సమాచారాన్ని విశ్లేషించడంలో కూడా కంప్యూటర్‌కి పోటీ లేదు.

కాని ఇంకా ఎన్నో రోగాల లక్షణాలని అనుభవజ్ఞుడైన వైద్యుడు గుర్తించినట్టు అత్యంత ఆధునికమైన కంప్యూటరు కూడా గుర్తించలేదు. అంటే ఆ లక్షణాలని సాధారణ తార్కిక భాషలోకో, సంఖ్యల భాషలోకో తర్జుమా చేయడం సాధ్యం కాదన్నమాట.

మచ్చరంగులో వున్న రోగి చర్మమో, ఉబ్బిన మొహమో, మొహం మీదా వంటి మీదా వుండే మచ్చలో, వీటిని సాధారణీకరించి రోగ నిర్ణయం చేయడం కంప్యూటర్‌కి అసాధ్యమైన పని. అదే అనుభవజ్ఞుడైన వైద్యుడు, తనే వేళ్లతో తడిమి చూసి ఎంతో ముఖ్యమైన సమాచారాన్ని పొందగలడు. రోగి దేహాన్ని తడిమి, నొక్కి, రోగి ఎటువంటి బాధకి గురవుతున్నాడో గమనించి, శరీరం లోపలి అవయవాల పని తీరులోని లోపాలని ఎక్స్-రే, టోమోగ్రఫీల కంటే తొందరగా వైద్యుడు కనిపెట్టగలడు.

కంప్యూటర్ల అవతరణకి ఎంతో ముందుగానే సున్నితమైన వ్యంగ్యంతో సెయింట్ ఎక్జ్యూపెరి అన్న మాటలు ఈరోజుకీ తమ ప్రాముఖ్యతని కోల్పోలేదు:

''నాకు తెలుసు, రోగి వెళ్లి భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుల చేతుల్లో పడే రోజు వస్తుంది. ఒక్క మాటన్నా మాట్లాడకుండా వాళ్లు రోగి రక్తాన్ని తీసుకుని ఏవేవో లెక్కలు వేసి లాగరిథెమ్ పట్టీలో చూసి ఒక మాత్ర వేసి రోగం కుదిర్చేస్తారు.

కాని నాకు రోగం వస్తే మాత్రం పల్లెటూరులోని ముసలి డాక్టరు ఎవరి దగ్గరకైనా వెళ్తాను. అతను కనుకొనల్నుంచి నాకేసి చూస్తాడు. నాడి, పొట్ట పట్టుకుని చూస్తాడు. నాడి ఎలా కొట్టుకుంటోందో వింటాడు. చిన్నగా దగ్గి, పైపు కాల్చి చుబుకాన్ని తడుముకుని ఒక చిరునవ్వు విసురుతాడు. నొప్పిని మాయం చేస్తాడు.

విజ్ఞానశాస్త్ర విజయాలకి పరవశుడనవుతున్నాను. కాని మానవజ్ఞానం ముందు కూడా మోకరిల్లుతున్నాను.''

ఈ మాటలు రాయబడిన కాలంనుంచి నేటికి విజ్ఞానశాస్త్రం ఎన్నో ఘనమైన విజయాలని సాధించింది. అతి ధ్వనులని, అత్యధిక పౌనఃపున్యాలని వైద్యంలో వాడుతోంది. లేజర్లని రోగ నిర్ణయంలోనూ, శస్త్ర చికిత్సలోనూ ఉపయోగిస్తోంది. రోగ సమాచారాన్ని ప్రాసెస్ చేయడానికి కంప్యూటర్‌ని ఉపయోగిస్తోంది. కాని ఇంకా వైద్యంలో ఉపయోగపడుతున్న ఏ సాంకేతిక సాధనమూ మానవ వివేకాన్ని పూర్తిగా తోసిరాజన లేకపోతోంది. మానవ మేధస్సుకి సహాయపడుతోంది. కంప్యూటర్ సామర్థ్యాన్ని ఉపయోగించుకుని రోగ పరిశోధనల ఫలితాలని ఖరారు చేయవచ్చు. రోగానికి సంబంధించిన విషయాలని స్టాటిస్టికల్ ప్రాసెసింగ్‌కి గురిచేయబడిన అదే రకం రోగపు ఫలితాలతో పోల్చి చూడవచ్చు, వాటిని విశ్లేషించి రోగం ముదురుతోందో లేక తగ్గుతోందో ఊహించవచ్చు, మందులు, వైద్య పరికరాల ప్రభావం రోగిమీద ఎలా ఉందో తెలుసుకోవచ్చు. అయితే రోగ నిర్ణయాన్ని చివరిసారిగా నిర్ధరించడమో, నిరాకరించడమో వైద్యం చేస్తున్న వైద్యుడి మీదే కాని కంప్యూటర్ మీద ఉండదు.

ముందుముందు వైద్య రంగంలో జరగబోయే ఎలక్ట్రానిక్స్ అభివృద్ధి మూలంగా లేజర్లు, ఎలక్ట్రాన్ కిరణపుంజాల సహాయంతో విశ్లేషణ, చికిత్సా పద్ధతులని, కంప్యూ

టర్‌తో దత్తాంశాలని ప్రాసెస్ చేసే పద్ధతిని అధునీకరించడం సాధ్యమవుతోంది. ఇంకా ఇంకా ఎక్కువ సమాచారం దత్తాంశాల బాంకుల్లో పోగవుతుంది. ఆ సమాచారం భావి వైద్యుడికి వైద్యశాస్త్రంలోని 173 శాఖల్లోనూ సహాయపడుతుంది.

మనిషి మెదడు ఎలాంటిదంటే, దేనిగురించైనా తీవ్రంగా ఆలోచిస్తున్నప్పుడు అతన్ని ఏదైనా తేలిక ప్రశ్న – భూమిమీద ఏవి సముద్రాలువ్నాయనో లేక 13ని 7తో హెచ్చవేస్తే ఎంత అనో అడిగామనుకోండి, ఆలోచనలో వున్న అతను దానికి జవాబు చెప్పలేడు.

అలాగే ఎంతో తెలివితేటలున్న వ్యక్తి బుర్రలో ఎంతసేపూ కూడికలూ, తీసివేతలూ, డబ్బు లెక్కలూ, వేర్వేరు కొలతలూ నిండివున్నాయనుకోండి, అప్పుడతను ఎటువంటి ముఖ్యమైన శాస్త్రీయ సమస్యలనీ పరిష్కరించలేడు.

అయితే జూలియస్ సీజర్‌లాంటి ప్రత్యేకమైన వ్యక్తులూ లేకపోలేదు. ఆయన ఏక కాలంలో ఎన్నో పనులని చేయగలిగేవాడని చెప్పుకుంటారు. మాక్సిమ్ గోర్కీ తను ఇటలీలో కలుసుకున్న అద్భుతమైన మహిళని గురించి చెప్పాడు. ఆవిడ రెండు పెన్సిళ్లని చేతులతోనూ రెండు పెన్సిళ్లని కాళ్ల వేళ్లతోనూ పట్టుకుని ఏకకాలంలో నాలుగు వేర్వేరు పదాలని రాస్తూ చుట్టూ మూగిన జనాల్ని ఆశ్చర్యచకితుల్ని చేసేది. ఆమె ఆవిధంగా తన పొట్టకోసం డబ్బుని సంపాదించుకొనేది.

అయితే అటువంటి వింతైన విశేషాల మూలంగా లాభం ఏమీ ఉండదు. ఎందుకంటే ఇక్కడ బుర్ర ఏకకాలంలో వేర్వేరు విషయాల గురించి ఆలోచించడం లేదు. ఎంతో వేగంతో ఒకదాన్నుంచి రెండో దానికి మారుతోంది. దీర్ఘంగా ఆలోచించడానికి ఏకాగ్రత ఎంతో అవసరం. అందుకనే సృజనాత్మక కృషిలో మనిషి తీవ్రంగా ఆలోచిస్తున్నప్పుడు అట్టే ప్రాధాన్యత లేని ఇతర విషయాలని కంప్యూటర్‌కి అంటగట్టడం ఎంతో అవసరం.

కంప్యూటర్ విజ్ఞానం అభివృద్ధి చెందుతున్నకొద్దీ అట్టే ప్రాధాన్యత లేని విషయాల్లో సృజనాత్మక సమస్యల సంఖ్య పెరుగుతూపోతోంది. అలా అయితే నెమ్మది నెమ్మదిగా కంప్యూటర్లు సృజనాత్మక కృషిలో నిమగ్నులైనవారి స్థానాల్ని ఆక్రమించి వాళ్లని నిరుద్యోగుల్ని చేస్తాయేమో?

అదెప్పటికీ జరగదని ఆశించవచ్చు. కంప్యూటర్ల ద్వారా ఎంత ఎక్కువ సమాచారం ప్రాసెస్ చేయబడితే మానవ మేధస్సుకి అంత ఎక్కువగా మేత దొరుకుతుంది. కంప్యూటర్ అందించే సమాచారాన్ని మనిషి సృజనాత్మక ధోరణిలో పరిశీలించి, పోల్చి చూసి, సూత్రీకరించాలి. శాస్త్రజ్ఞులు, ఇంజనీర్లు, వైద్యులు అలాగే ఇతర నిపుణుల స్థానాల్ని పూర్తిగా కంప్యూటర్లు ఆక్రమించలేవు. అవి ఎంతో కష్టంతో కూడుకున్న

ఫలితాలని ప్రోసెస్‌చేసి పరిశోధనా ప్రక్రియలని, కొత్త డిజైనులని రూపొందించి, వాటిని ఆటోమేటిక్ లేథ్ మిషన్ల, కంప్యూటర్‌తో నడిచే రోబట్ల సహాయంతో లోహంతో తయారుచేసే ప్రక్రియలని త్వరితం చేస్తాయంతే. రోబట్ లేథ్ మిషన్ల వాడకం విస్తృతం అవుతున్నకొద్దీ అవి మనిషిని భౌతికమైన అలాగే మానసికమైన పనుల నుంచి విడుదల చేస్తున్నాయి. అందరికీ రకరకాల సమాచారాన్ని అందించే సేవా సదుపాయాల రంగం అనేది అభివృద్ధిచెందనారంభించింది. అతి సమీప భవిష్యత్తులో ఉత్పత్తిలో, జీవిత రంగాలన్నిటిలో శాస్త్రీయ పరిశోధనల స్థాయి, నూతన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాల వాడకంమీద ఆధారపడి వుంటుంది. ఏదైనా దేశపు అభివృద్ధి స్థాయి ఆ దేశపు జనాభాలో తలసరిన ఎన్ని కంప్యూటర్లు, మైక్రో సర్క్యూట్‌లు తయారవుతున్నాయో అనే విషయం మీద ఆధారపడే రోజు వచ్చింది.

* * *

ఎలక్ట్రానిక్స్ రంగంలో పనిచేసే ఇంజనీర్ల, శాస్త్రజ్ఞుల అందరి సమిష్టి కృషి ఫలితంగా అద్భుతమైన అవయవం ఒకటి రూపం తీసుకుంటోంది. ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లు ఈ అవయవంలో నాడీ కూడళ్లలాగా పనిచేస్తున్నాయి. వాటి మధ్య నాడీ తంత్రులు — ఛానెల్‌లు వుంటాయి. అటువంటి కలయికలతో వున్న కంప్యూటర్ గ్రిడ్‌లు దత్తాంశాల బాంకులతో కలిపి ఒక పెద్ద కృత్రిమ మెదడులా పనిచేస్తుంది.

ఒక వలభై సంవత్సరాల క్రితం కంప్యూటర్ ఒక అద్భుతం అనిపించేది. సమీప భవిష్యత్తులో భూమిమీది దాదాపు ప్రతి వ్యక్తికీ స్వంత కంప్యూటర్‌ని ముందుంచుకోవాల్సిన రోజు రావచ్చు. అయితే ఎలక్ట్రాన్ భూతం అదుపు తప్పిపోకుండా కంట్రోలు చేయాల్సిన అవసరం మానవ జాతిముందు ఎంతో వుంది. ఎందుకంటే, ఎలక్ట్రాన్ భూతానికి ఏమాత్రం కోపం వచ్చినా, అది మనిషి అదుపులోంచి తప్పుకున్నా, ప్రపంచ దావాగ్ని ప్రజ్వరిల్లవచ్చు. దాడికి గురయ్యే కేంద్రాలన్నిటి స్థానాలూ ఎలక్ట్రానిక్ మెదడులోనే కేంద్రీకృతమైవుంటాయి. భూమిమీదా, భూమికి దగ్గరగా అంతరిక్షంలోనూ చలించే అన్ని సైనిక వాహనాలనీ వాటి తరంగాలే కంట్రోలు చేస్తాయి. విధ్వంసక రాకెట్లని భూమిమీద ఎక్కడికి కావాలన్నా అక్కడికి ఎంతో వేగంగా కచ్చితంగా చేర్చడం దానిమీదే ఆధారపడి వుంటుంది.

ఒక్క వంద ఏళ్ల క్రితం మాత్రమే కనుగొనబడిన ఎలక్ట్రాన్‌లకి ఎటువంటి బ్రహ్మాండమైన శక్తిని మానవజాతి ఇచ్చింది!

ఒక రెండు వేల ఏళ్లపాటు అవిభాజ్యమైన అతి చిన్న కణంగా పరమాణువు (ఆటమ్ — గ్రీకులో అవిభాజ్యమైన అని అర్థం) ఉంది. అలాంటి పరమాణువు కంటే చిన్నదైన

ఎలక్ట్రాన్, శాస్త్రీయ-సాంకేతిక ప్రగతికి మూలమైన కూర్చుందంటే నమ్మశక్యంగా లేదు. ప్రతి సంవత్సరానికీ ఎలక్ట్రాన్ ఇంకాఇంకా పెరుగుతూ బలాన్ని పుంజుకుంటోంది. ఇక అది లేకుండా మానవ జాతి ఒక అడుగు కూడా ముందుకువేసే దశలో లేదు.

మనిషితో పోల్చుకుంటే అతి సూక్ష్మమైన ఎలక్ట్రాన్ ఒకవేళ మనిషినే అణిచేస్తుందా? తన లయకి అనుగుణంగా మనిషిని మార్చేస్తుందా? తన జ్ఞానాన్ని మనిషికి అపాదిస్తుందా? కంప్యూటర్లతో సంభాషణకి అలవాటు పడిపోయిన మనుషుల మధ్య సంబంధాలు మారిపోతాయా?

ఈ అనుమానాలకి ఆధారం లేకపోలేదు.

ఒకవైపున, ఆధునిక కంప్యూటర్ మనిషికి అన్ని రంగాల్లోనూ నమ్మకంగా, కచ్చితంగా ఎంతో అవసరమైన సహాయాన్ని అందిస్తుంది. రెండోవైపున ఆ కంప్యూటర్ల తయారీలోనూ, వాటి సేవలోనూ మునిగివున్న మనుష్యులెంతమందో! వారి సంఖ్య ఇంకా పెరుగుతోంది. టీవీని, టేప్‌రికార్డర్‌ని ఒక్కసారి చూసివుండని వారెవరూ ఎలా ఉండరో, అలాగే అతి త్వరలో కంప్యూటర్‌ని ఒక్కసారి ముట్టుకుని ఉండని వారెవరూ ఉండబోరనడం అతిశయోక్తి కాదేమో!

సర్క్యూట్ బోర్డులని రూపొందించేవారు విసుగు పుట్టించే కష్టమైన పని తప్పినందుకు తేలిగ్గా ఊపిరి తీసుకున్నారు. అయితే ఆధునిక సాంకేతిక ప్రగతి వాళ్లకి కొత్త పని అప్పగిస్తోంది. కంప్యూటర్ సహాయంతో కొత్త పద్ధతుల ద్వారా రూపకల్పన చేయడం వాళ్లు తెలుసుకోవాల్సి వస్తోంది. ఇదివరకు పదిమంది కన్‌స్ట్రక్టర్లు రూపకల్పన చేయగలిగిన వేర్వేరు సర్క్యూట్ బోర్డులని నేడు కంప్యూటర్ సహాయంతో ఒక వ్యక్తి సాధించగలుగుతున్నాడు. అయితే సర్క్యూట్ బోర్డుల రకాలు ఇంకా త్వరితంగా పెరుగుతున్నాయి. ఎందుకంటే ప్రతీ ఏటా వాటిని వాడే వివిధ ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్‌లు, పరికరాలు ఇంకా ఎక్కువగా అవతరిస్తున్నాయి. అయినా వేర్వేరు రంగాల్లో సర్క్యూట్‌లూ, పరికరాల కోసం డిమాండూ ఇంకా వేగంగా పెరుగుతోంది. ఇదివరకు సర్క్యూట్ బోర్డుల రూపకర్త ఒకడు కూర్చునివుండే డ్రాయింగు బోర్డు స్థానంలో నేడు పదిమంది కంప్యూటర్‌తో కంట్రోలు చేయబడే ఆటోమేటిక్ డ్రాయింగు మెషీన్‌లతో, డిస్ప్లేలతో సర్క్యూట్ బోర్డుల రూపకల్పన చేస్తున్నారు.

సర్క్యూట్‌లు ఇంకా సంక్లిష్టమవుతున్నాయి. వాటి నిర్మాణమూ, తయారీ కూడా క్లిష్టతరమవుతోంది. ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్ బోర్డుల తయారీకి చెందిన వేర్వేరు సాంకేతిక ప్రక్రియలు నేడు పదుల సంఖ్యలో వున్నాయి. అయితే ప్రతీ ప్రక్రియలోనూ ఎన్నో సూక్ష్మమైన విషయాలుంటాయి. జీవితమంతా మైక్రో సర్క్యూట్‌లకీ, ప్రిం

కెట్ సర్క్యూట్ బోర్డులకీ ధారపోసిన నిపుణుడైనా వాటిలో రెండో మూడో ప్రక్రియల గురించి మాత్రమే తెలుసుకోగలడు. మిగతావాటి గురించి ఒక సాధారణ అభిప్రాయం మాత్రమే ఉంటుంది. విభిన్న ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలు ఎన్నిటితోనో కలిపి ఏర్పడే విడి కంప్యూటర్లనీ, వాటి గ్రిడ్‌లనీ రూపొందించే సాధారణ సూత్రాలని కనుగొనడంలో క్రమబద్ధమైన విశ్లేషణ, సంశ్లేషణలు సహాయపడతాయి.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి చెందిన ఏదో ఒక ప్రత్యేకమైన శాఖలో మాత్రమే నిపుణుడైన వ్యక్తి దానివరకే పరిమితమై ఇంకేమాత్రం ఉండలేడు. ఆధునిక పరికరాల్లో సర్క్యూట్‌లూ వాటి నిర్మాణం, మైక్రో సర్క్యూట్‌ల సాంకేతిక విజ్ఞానం, వీటన్నిటికీ చెందిన సమస్యలు ఒకదానితో మరొకటి గట్టిగా ముడిపడి వున్నాయి.

సరిగ్గా ఇక్కడే మనుష్యులకీ వాళ్ళచే సృష్టించబడిన వ్యవస్థకీ (దీనికే మనం ఎలక్ట్రాన్ అని పేరెట్టాం) మధ్య తగాదా ఏర్పడుతుంది. ఆ వ్యవస్థ ఎంత ఎక్కువగా అభివృద్ధి చెందుతే దానిలోని ఉపవ్యవస్థలు, భాగాల సంఖ్య అంత ఎక్కువవుతుంది. దానిలోని ప్రతీ భాగమూ ఎంత సంక్లిష్టంగా ఉంటుందంటే దాన్ని పూర్తిగా అర్థం చేసుకోవడానికి జీవితకాలం సరిపోదు. ఇది నచ్చని వాళ్ళు ఎవరో ఒకరు ఉండకపోరు. సరిగ్గా పుష్కిన్ రాసిన 'రాగి రౌతు' అనే కావ్యంలోని పాత్ర, ఎవ్‌గేనీ రాగి రౌతుకి ఎదురు తిరిగినట్లు, ఎలక్ట్రాన్‌కి ఎదురు తిరిగి దాన్ని సవాలుచేసే వాడూ తయారవచ్చు.

ఎవర్నీ లెక్కచెయ్యని ఆ బీదవాడు
రాత్రంతా ఎటు వెళ్ళినా
బరువుగా డెక్కల చప్పుడు చేసుకుంటూ
రాగి రౌతు అతన్ని వెన్నంటాడు.

---

* పెట్రోగ్రాడ్ (ఈరోజున లెనిన్‌గ్రాడ్) నగరం నేవా నది ఒడ్డున కట్టబడింది. అక్కడ ఆ నగరాన్ని కట్టించింది పీటర్ ది గ్రేట్. అయితే నగరం తరచు వరదలకి గురయి వేల సంఖ్యలో బీద ప్రజలు మరణిస్తూండేవారు. ధనికులు మాత్రం వరదలని తప్పించుకునేవారు. అలా ఒకసారి ఎవ్‌గేనీ అనే పేద యువకుడు వరదల్లో సమస్తం కోల్పోయాడు. తన ప్రియురాల్ని కూడా కోల్పోయాడు. బాధా కోపాలతో ఆ యువకుడు నగరం మధ్యలోవున్న రాగి విగ్రహం (గుర్రం మీద కూర్చునివున్న పీటర్ ది గ్రేట్ రాగి విగ్రహం) ముందు నిలబడి శాపనార్థాలు పెడుతూ రాగి రౌతుని సవాలు చేస్తాడు. దానితో రాగి రౌతుకి కోపం వచ్చి ఆ బీద ఎవ్‌గేనీని వెనకబడి తరుముతాడు.

అయితే ఇక్కడ ఇంకో విషయమూ ఉంది. ఏవో ప్రత్యేకమైన భాగాలే కాకుండా వాటిని ఎన్నిటినో తమలో ఇముడ్చుకున్న సమగ్రమైన శాఖలు కూడా అభివృద్ధి చెందుతున్నాయి. క్రమబద్ధమైన విశ్లేషణ, సంశ్లేషణల పుణ్యమా అని ఎన్నో వివిధ ఎలక్ట్రానిక్ వ్యవస్థలని తమలో ఇముడ్చుకున్న విడి కంప్యూటర్లని రూపొందించడానికి సాధారణ సూత్రాలని కనుక్కోవడం సాధ్యమవుతోంది. ఆ సమస్యల పరిష్కారంలో నిమగ్నుడైన నిపుణుడు ఎలక్ట్రాన్ పట్ల ఏకకాలంలో టీచరులాగానూ, స్క్రిప్టు రచయితలాగానూ, డైరక్టరులాగానూ వ్యవహరిస్తున్నాడు. ఎందుకంటే అతను సృష్టించబోయే ఎలక్ట్రాన్ భవిష్యత్తులో ఎలా వ్యవహరిస్తుందా అనేది, అతని మీదే ఆధారపడి ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రానిక్స్‌కి చెందిన ఏ శాఖని ఎంచుకున్నా దానితోబాటు నిపుణుడు కంప్యూటర్‌తో పనిచేయడం నేర్చుకుని తీరాల్సిందే. ఒకవైపున కావల్సిన లెక్కలు వేయడంలోనూ, కొత్త నిర్మాణాలకి రూపకల్పన చేయడంలోనూ, పరిశోధిస్తున్న వ్యవస్థల, ప్రక్రియల గణిత నమూనాలని నిర్మించడంలోనూ, వాటిలో మార్పులు చేర్పులు చేసి సరిచూడటంలోనూ కంప్యూటర్ ఎన్నో అవకాశాలని మనిషికి ఇస్తోంది.

రెండోవైపున కంప్యూటర్‌తో పనిచేయడం, మెళుకువలు తెలుసుకోవడం అవసరం. డిస్‌ప్లే తెర మీద మెరిసే అక్షరాలకి, కంప్యూటర్‌తో పనిచేసేటప్పుడు అవసరమైన ఏకాగ్రతకి మనిషి ఎంతో అలసిపోతాడు.

ఈ కంప్యూటరు శకంలో మనిషి కంప్యూటర్ల మీద ఎంత పనిచేయాలో, ఎంత సేపు విశ్రాంతి తీసుకోవాలో, నేర్చుకోవాలో మొదలైన విషయాలని నిర్ణయించడానికి సోషియాలజిస్టులు, మానసిక శాస్త్రవేత్తలు ఎంతో కృషిచేయాల్సివుంది.

అయితే యిక్కడ మనమీ ప్రశ్నల్ని వివరంగా చర్చించబోవడం లేదు. ఎందుకంటే అవి ఎలక్ట్రానిక్స్, అలాగే ఈ పుస్తకంలో చెప్పుకున్న సాంకేతిక సమస్యల పరిమితిలో లేవు.

దీనికి సంబంధించి కవి రాబెర్ట్ రఝ్డ్వెస్త్వెన్‌స్కీ ఎంతో బాగా చెప్పాడు.

''ఎన్నో శతాబ్దాలుగా మానవుడు ఏవో అదృశ్య బంధాలతో అపరిచిత వ్యక్తులతో కలబడి ఉన్నాడు. మన శతాబ్దంలో ఆ అదృశ్య బంధాలు నిజంగానే ప్రత్యక్షమయాయి. ఆధునిక వార్తా ప్రసార సాధనాలు మనుష్యుల మధ్య గట్టి సంబంధాలనేర్పరుస్తున్నాయి. ప్రపంచ ఫుట్‌బాల్ ఛాంపియన్‌షిప్ మెక్సికోలో జరుగుతున్నప్పుడు కోట్లమంది ఏకకాలంలో నిట్టూర్పులు విడిచారు, బాధతో తలపట్టుకున్నారు, ఎగిరి గెంతేశారు, అవాక్కయిపోయారు, ఆనందంతో కేకలు వేశారు...''

''వార్తా ప్రసార సాధనాలు ఒక్క వార్తలనే కాకుండా ఉద్వేగాన్ని ఎంతో ఆనందాన్ని

కూడా ఒక చోటు నుంచి ఇంకో చోటుకి తీసుకువెళ్తున్నాయి. మంచి భావాలకి బీజాలని వేస్తున్నాయి, భవిష్యత్తు మీద ఆశాభావాన్ని రేకెత్తిస్తున్నాయి, భ్రమలని పటాపంచలు చేస్తున్నాయి. అలాగే అవి చెడుని కూడా కలిగించగలవు. మనుష్యులని ఏకంచేయకుండా వారిని విడదీయగలవు కూడా. ప్రపంచంలో ఎక్కడో తుపాకీ పేలినా కూడా భూమి మీదంతా ఆ చప్పుడు వినిపిస్తోంది. అతి నెమ్మదిగా మాట్లాడిన పదం కూడా వెంటనే ప్రపంచంలో అందరికీ తెలిసిపోతుంది. అటువంటి పరిస్థితుల్లో పలికే ప్రతీ పదం నిజం అయివుండాలి. ఈ విషయం అందరూ బాగా అర్థంచేసుకోవడం లేదని నా అభిప్రాయం. అప్పుడప్పుడు ప్రచారం చేయబడే అసత్య ప్రచారాలే దానికి తార్కాణం. వాటిని ప్రచారం చేసేవారు ఎంతో బాధ్యతారహితంగా వ్యవహరిస్తున్నారు.

అయితే వార్తాప్రచారాల్లో వచ్చిన ఈ అభివృద్ధి చెడు ఫలితాలనే ఇస్తుందనే వారితో నేను ఏకీభవించడం లేదు. వార్తా ప్రచార సాధనాలు తమతో 'మంచిని' తీసుకు వెళ్తున్నాయా, లేక 'చెడును' తీసుకువెళ్తున్నాయా అనేది మనమీద ఆధారపడివుంటుంది.''

పాఠకులకి మనవి

ఈ పుస్తకాన్ని గురించి గాని, దీని తీర్పుకూర్పు గురించి గాని మా భావి ప్రచురణల సహాయార్థం మీ అభిప్రాయాలను, సలహాలను మాకు పంపండి.

మా చిరునామా:

Mir Publishers

2 Pervy Rizhsky Pereulok

Moscow — 129820

U.S.S.R